



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**AJUSTE DEL PLAN DE MONITOREO DEL RECURSO  
HÍDRICO DEL PARQUE NACIONAL NATURAL LAS  
ORQUÍDEAS, ORIENTADO A LAS LÍNEAS  
ESTRATÉGICAS DE CONSERVACIÓN PLANTEADAS EN  
EL PROGRAMA DE MONITOREO DEL ÁREA  
PROTEGIDA.**

Autor(es)

Sara María Rojas Martínez

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2020



**AJUSTE DEL PLAN DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO DEL PARQUE  
NACIONAL NATURAL LAS ORQUÍDEAS, ORIENTADO A LAS LÍNEAS  
ESTRATÉGICAS DE CONSERVACIÓN PLANTEADAS EN EL PROGRAMA DE  
MONITOREO DEL ÁREA PROTEGIDA**

Sara María Rojas Martínez

Informe de práctica como requisito para optar al título de:  
Ingeniera Ambiental

Asesores

Diego Alejandro Chalarca Rodríguez  
Docente. Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería  
Universidad de Antioquia

John Jairo Restrepo Salazar  
Jefe de Área Protegida, Parque Nacional Natural Las Orquídeas  
Parques Nacionales Naturales de Colombia

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2020.

## Tabla de contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Resumen .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2. Introducción.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3. Justificación .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>4. Objetivos .....</b>  | <b>9</b>  |
| 4.1. <i>Objetivo general:</i> .....                                    | 9         |
| 4.2. <i>Objetivos específicos:</i> .....                               | 9         |
| <b>5. Marco Teórico .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>6. Marco Normativo .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>7. Alcance.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>8. Metodología .....</b>  | <b>15</b> |
| 8.1. <i>Red de monitoreo optimizada</i> .....                          | 17        |
| 8.1.1. <i>Zonas de monitoreo:</i> .....                                | 39        |
| 8.2. <i>Selección de indicadores asociado a calidad del agua</i> ..... | 41        |
| 8.3. <i>Indicadores asociados a calidad del agua</i> .....             | 42        |
| 8.4. <i>Lineamientos metodológicos generales</i> .....                 | 46        |
| <b>9. Recomendaciones finales. ....</b>                                | <b>49</b> |
| <b>10. Referencias .....</b>   | <b>52</b> |

## Índice de tablas

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Normatividad ambiental relacionada con el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico.....</i>   | <i>9</i>  |
| <i>Tabla 2. : Marco Lógico de objetivo estratégico 2 (Tomado de: Plan estratégico y marco lógico del plan de manejo del PNN Las Orquídeas, 2019 - 2018).....</i> | <i>14</i> |
| <i>Tabla 3. Descripción de los sitios de monitoreo .....</i>   | <i>18</i> |
| <i>Tabla 4. Identificación, ubicación y descripción de las estaciones de la red de monitoreo al para el Parque Nacional Natural Las Orquídeas.....</i>           | <i>22</i> |
| <i>Tabla 5. Índice de calidad del agua (ICA) de 5 variables.....</i>   | <i>45</i> |
| <i>Tabla 6. Calendario de monitoreo anual.....</i>   | <i>47</i> |

## Índice de Figuras

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Figura 1. Posibles sitios de monitoreo. Modificado "Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Fuente (IDEAM, 2002).....</i> | <i>19</i> |
| <i>Figura 2. Ubicación de las estaciones de la red de monitoreo del recurso hídrico dentro del Parque Nacional Natural Las Orquídeas.....</i>                    | <i>21</i> |
| <i>Figura 3. Características de <b>PNNORQ_1</b> Q. La Mina (R. Piedras) Aguas arriba de la Mina Panesso.....</i>   | <i>24</i> |
| <i>Figura 4. Características de <b>PNNORQ_2</b> Q. La Mina (R. Piedras) Parte baja de la Mina Panesso (después del vertimiento de la mina).....</i>              | <i>25</i> |
| <i>Figura 5. Características de <b>PNNORQ_3</b> - Río Carauta (Río Santiago) Parte alta de la Mina La Soledad.....</i>   | <i>27</i> |
| <i>Figura 6. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_4</b> - Río Carauta (Río Santiago) Parte baja de la Mina La Salada. ....</i>                                     | <i>27</i> |
| <i>Figura 7. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_6</b> Quebrada Encarnación (R. Francisco) Parte alta de la Mina La Alegría.....</i>                              | <i>29</i> |

|   |    |
|---|----|
| Figura 8. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_7</b> - Quebrada Encarnación (R. Francisco) Parte alta de la Mina El Rollo .....         | 29 |
| Figura 9. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_8</b> - Quebrada Encarnación (R. San Francisco) Parte baja de la Mina San Francisco..... | 30 |
| Figura 10. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_13</b> R. San Mateo - Antes de la confluencia con el R. Venados.....                    | 33 |
| Figura 11. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_14</b> R. Venados - Aguas abajo, después de la confluencia del R. San Mateo .....       | 34 |
| Figura 12. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_15</b> R. Venados – Parte alta de la vivienda Derly Johana Londoño Guisao.....          | 35 |
| Figura 13. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_16</b> R. Jengamecodá- Antes de la confluencia del R. Venados.....                      | 36 |
| Figura 14. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_17</b> R. Calle – Aguas abajo, Parte alta de la vivienda de Octavio Montoya.....        | 37 |
| Figura 15. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_18</b> R. Calles - Aguas arriba. ....   | 38 |
| Figura 16. Ubicación de la estación <b>PNNORQ_19</b> R. Calles - después de la confluencia del R. Polo.....                           | 39 |
| Figura 17. Ventanas, zonas de acceso al area protegida. a) Ventana 1, b) Ventana 2, c) Ventana 3.....                                 | 41 |
| Figura 18. Balance hidríco climatico, estaciones cercanas al Parque Nacional Natural Las Orquídeas .....                              | 47 |

# **Ajuste del plan de monitoreo del recurso hídrico del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, orientado a las líneas estratégicas de conservación planteadas en el programa de monitoreo del área protegida.**

## **1. Resumen**

El plan de monitoreo del recurso hídrico para el Parque Nacional Natural Las Orquídeas (PNNO) surge de la necesidad de desarrollar un marco de referencia o punto de partida para la planificación del monitoreo del recurso hídrico asociado al cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan de monitoreo del parque. El Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), como autoridad ambiental, tiene el deber de realizar el monitoreo y seguimiento del recurso hídrico en el área de su jurisdicción, lo que permitirá saber el estado ecológico de estos ecosistemas y con la construcción de la red hídrica de monitoreo al interior del área protegida es posible evaluar las condiciones de calidad y cantidad de las fuentes presentes, lo que permitirá tomar decisiones orientadas al mejoramiento continuo como autoridad generadora de bienes y servicios ambientales, con el fin de asegurar la protección de los recursos naturales (Plan de monitoreo del recurso hídrico del PNNO, 2018).

El Parque Nacional Natural Las Orquídeas cuenta con una extensión de 28.753 hectáreas, que abarca dos zonas hidrográficas de Colombia, reconocidas dentro de “*Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca*” (POMCA, 2017) las cuales

corresponden al “Río sucio Alto como nivel subsiguiente (Cod. 1111-01) y río Murrí como subzona hidrográfica (Cod. 1107)” (Estrada U, 2019). Esta última se conforma por los ríos Calles y Venados, los cuales nacen al interior del área protegida y conforman el río Jengamecodá, que a su vez, junto con el río Penderisco conforman el río Murrí, afluente principal del río Atrato; las relaciones del área protegida con el contexto regional se dan por el aporte de bienes y servicios ambientales a partir del recurso hídrico como es la producción de energía eléctrica, agua para consumo humano, entre otros, en la zona con función amortiguadora; que dependen de la funcionalidad ecológica del mismo, debido a la conectividad ecosistémica del parque con toda la región (Plan de monitoreo del recurso hídrico del PNNO, 2018).

Para el ajuste y planificación de la red hidrológica del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, se tomó en cuenta el marco conceptual y metodológico contenido en el “*Protocolo de monitoreo del agua*” (IDEAM, 2018), así como el “*Estudio nacional del agua (ENA)*”, (IDEAM, 2018), el “*Plan de monitoreo del recurso hídrico del Parque Nacional Natural Las Orquídeas*” (PNNO, 2018) y el “*Plan de manejo del Parque Nacional Natural Las Orquídeas*” (PNNO, 2019), los cuales fueron las bases documentales, para asegurar la calidad de los resultados.

**Palabras clave:** Red de monitoreo, Recurso hídrico, Área protegida, monitoreo.

## 2. Introducción

El Parque Nacional Natural Las Orquídeas (PNNO), fue creado en el año 1974, se encuentra ubicado en la cordillera occidental sobre el flanco occidental, es el único parque nacional natural que se encuentra en su totalidad en el departamento de Antioquia, y ocupa jurisdicción de los municipios de Urrao, Frontino y Abriaquí. El parque, cuenta con una extensión de 28.753 hectáreas

Los municipios de Urrao, Frontino y Abriaquí a lo largo de su historia se han caracterizado económicamente por desarrollar actividad agrícola y pecuaria; para el municipio de Urrao y Frontino y actividad minera, para los municipios de Frontino y Abriaquí. Estas actividades se evidencian dentro del parque y son las que se han identificado a lo largo del tiempo como las principales actividades generadoras de presión antrópica hacia los ecosistemas del área protegida.

Dado que dentro del área protegida es importante considerar el estado del recurso hídrico para el cumplimiento de los objetivos de conservación, es necesario llevar a cabo un diagnóstico y seguimiento de este; pues a pesar de que uno de sus objetivos de conservación es el de proteger las cuencas al interior de esta, actualmente no se tiene información que dé cuenta del estado del recurso hídrico. El Parque Nacional Natural Las Orquídeas en el año 2018, planteó un protocolo de monitoreo del recurso hídrico, el cual está en proceso de ser publicado, este documento se revisó, se realizaron sugerencias y correcciones necesarias ajustadas a la realidad del parque, para poner en práctica la metodología propuesta en este protocolo.

### **3. Justificación**

Conforme a las presiones existentes al interior del PNN Las Orquídeas, el Plan de monitoreo del recurso hídrico, orienta los lineamientos que se deben considerar para el seguimiento de la oferta, calidad y estado ecosistémico del recurso hídrico, enfocándose en el muestreo y análisis del agua en los lugares seleccionados.

Implementar este plan permitirá evaluar las dinámicas ambientales presentes en torno a las principales fuentes hídricas del área protegida, relacionado a los diferentes usos identificados y priorizados en el plan de manejo del PNN Las Orquídeas, 2019, así como el planteamiento de medidas preventivas y correctivas que garanticen la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales renovables, específicamente, el recurso hídrico, y así promover el continuo mejoramiento del medio ambiente.

### **4. Objetivos**

#### **4.1. Objetivo general:**

Ajustar el plan de monitoreo del recurso hídrico del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, orientado a las líneas estratégicas de conservación, planteadas en el programa de monitoreo del área protegida.

#### **4.2. Objetivos específicos:**

- Optimizar la red de estaciones de monitoreo planteada en el plan de monitoreo del recurso hídrico dentro del área protegida.

- Recomendar un indicador asociado a la calidad y cantidad de agua, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y transporte dentro del área protegida.
- Orientar los lineamientos metodológicos para llevar a cabo muestreos de niveles, caudal, parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos en las fuentes hídricas al interior del área protegida,

## **5. Marco Teórico**

Instrumentos de planificación, como los planes de monitoreo del recurso hídrico, son de gran utilidad, pues en ellos se establecen lineamientos que permiten el debido seguimiento del recurso hídrico, estos van enfocados desde la toma de muestras y análisis de agua, pasando por la evaluación de dinámicas de variables ambientales presentes alrededor de fuentes hídricas; hasta la toma de decisiones en cuanto a medidas preventivas y correctivas que garanticen la conservación de los ecosistemas (PNN Las Orquídeas, 2019), Conocer de manera integral el recurso hídrico, da herramientas para el manejo y gestión de este, pues el generar esta información permite la formulación de políticas y mecanismos para medir la gestión mediante indicadores, no solo a nivel nacional, sino regional también (IDEAM, 2004).

Debido a la ubicación del PNN Las Orquídeas y a las condiciones bióticas de la región, es considerada la estrella hidrográfica más importante del extremo norte de la cordillera occidental (PNN Las Orquídeas, 2019).

Es importante tener en cuenta que ésta es un área protegida, cuya función principal es promover la conservación, liderando estrategias al interior de las áreas protegidas contando con la participación de diversos actores, impulsando modelos de gobernanza (PNN Las Orquídeas, 2019) Por esta razón es de resaltar que, dentro del plan de manejo del parque, se tienen 4 objetivos de conservación relacionados a ecosistemas, cuencas, biodiversidad y valores naturales y culturales; de estos se identifica la necesidad de tener un panorama más claro en cuanto al estado del recurso hídrico, en el objetivo 2:

*“Proteger las partes de las cuencas que están al interior del PNN Las Orquídeas, de los Ríos Herradura, Carauta, Jengamecodá (compuesto por los ríos Venados y Calles), San Mateo, Chaquenodá y Quiparadó para el mantenimiento de la prestación de servicios ecosistémicos con énfasis en el recurso hídrico, fundamentales para conservar todas las formas de vida y a su vez el desarrollo socioeconómico de las regiones centro y suroccidente de Antioquia y Atrato medio.”*

## **6. Marco Normativo**

La elaboración de protocolos para aguas continentales se sustenta en el marco legal ambiental donde del IDEAM, es el responsable de las funciones específicas y de la pertinencia técnica en la elaboración de estos planes de monitoreo, donde apoya los lineamientos internacionales acordados en la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo” celebrada en Rio de Janeiro

en 1992, que recoge resultados de las agendas internacionales posteriores sobre el medio ambiente como Estocolmo en 1999. Particularmente, en el acuerdo de Río, se reconoce la necesidad de realizar un seguimiento constante de las fuentes, la cantidad, la calidad y la fiabilidad del agua, así como las actividades humanas que afectan el recurso (Quintero. L, 2010).

En Colombia, por su parte se establece una línea normativa Tabla 1 donde se reglamenta todo lo relacionado con el recurso hídrico, lo cual es función legal del IDEAM a nivel nacional, así como de las corporaciones autónomas regionales (CARs) a nivel regional y a nivel local es función de las autoridades ambientales urbanas y organismos de prevención y atención de desastres (Plan de monitoreo del recurso hídrico del PNNO, 2018).

Tabla 1. *Normatividad ambiental relacionada con el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico*

| Norma                       | Objetivo/Función  |
|-----------------------------|---|
| <b>Decreto 2372 de 2010</b> | Por el cual se reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con este.                      |
| <b>Decreto 1076 de 2015</b> | Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde se recogen todas las disposiciones establecidas para el sector ambiental |

## 7. Alcance

Si bien en el plan de monitoreo del recurso hídrico en el PNN Las Orquídeas inicialmente se enfocó en los lineamientos establecidos en el anterior plan de manejo del área protegida, donde los ecosistemas asociados al recurso hídrico eran considerados “Valores Objeto de Conservación” (VOC), no quiere decir que el monitoreo al recurso hídrico ahora pierda validez, pues si bien el recurso hídrico en el plan de manejo para el PNN Las Orquídeas 2019 – 2024, ya no es considerado un VOC, aun se enmarca dentro los “Objetivos de conservación” (OC), como se mencionó anteriormente. Por esta razón entonces, se enmarca en los objetivos estratégicos en el Plan de manejo para el área protegida, pues los cuerpos de agua, según el análisis de calificación y priorización de amenazas sobre los ecosistemas del PNN Las Orquídeas, planteado en el Plan de manejo actual, muestran que la priorización de medidas de gestión para estos ecosistemas es importante pues la amenaza es alta debido a las presiones que se ejercen sobre él.

A continuación, se expone el marco lógico del objetivo estratégico relacionado con el Objetivo de Conservación asociado a los cuerpos de agua dentro del área protegida.

Tabla 2. : Marco Lógico de objetivo estratégico 2 (Tomado de: Plan estratégico y marco lógico del plan de manejo del PNN Las Orquídeas, 2019 - 2018).

| Objetivo de conservación   | Objetivo estrategicco  | Objetivo de gestión  | Subprograma PAI  |
|--|--|--|--|
| <p>2. Incrementar la información generada sobre los ecosistemas de Bosque Andino y Páramo, así como la red hídrica y los grupos y especies priorizados como VOC, incorporando los resultados obtenidos para el manejo efectivo del área protegida.</p> | <p>2.1 Generar la línea base de información sobre los VOC de filtro fino, el recurso hídrico y los ecosistemas de bosque andino y páramo mediante la implementación del portafolio de investigaciones y el programa de monitoreo, contribuyendo a la toma de decisiones para el manejo adaptativo y la sostenibilidad del PNN Las Orquídeas.</p> | <p>3.4.1 Desarrollar y promover el conocimiento de los valores naturales, culturales y los beneficios ambientales de las áreas protegidas, para la toma de decisiones.</p> | <p>3.2.4.1 50% de especies o ecosistemas definidos como objetos de conservación del SPNN y con presión por uso y aprovechamiento han mejorado su condición de estado conforme a criterios de sostenibilidad.</p> |
|  | <p>2.2 Fortalecer el talento humano del PNN Las Orquídeas en términos técnicos y el desarrollo de habilidades, con el fin de acompañar los procesos de generación y divulgación de conocimiento, además del manejo, control, reproducción y conservación in situ de especies vegetales.</p>  | <p>3.4.2 Fortalecer al capacidades gerenciales y organizacionales de la Unidad de Parques.</p>   |  |
|  |  | <p>3.4.3 Regular y controlar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales en las áreas del SPNN.</p>   |  |

Como se aprecia en la Tabla 2, el plan de monitoreo del recurso hídrico está estrechamente relacionado con el plan estratégico y marco lógico del PNN Las Orquídeas 2019 – 2024; según lo establecido en él, con este plan se contribuye al fortalecimiento de la capacidad del recurso humano, pues se espera que previo a la implementación de este proyecto, el personal asociado al área protegida reciba las capacitaciones pertinentes para apoyar las actividades de monitoreo.

## **8. Metodología**

Para alcanzar los objetivos planteados se tomó como base los protocolos establecidos por el IDEAM para el monitoreo del recurso hídrico, principalmente lo establecido en el protocolo de monitoreo del recurso hídrico para agua superficial continental (IDEAM, 2018), así como y en lo establecido en el plan de monitoreo del recurso hídrico del PNN Las Orquídeas, 2018.

En el plan de monitoreo del recurso hídrico del PNN Las Orquídeas, 2018, se planteó una red de monitoreo con 22 estaciones la cual se recomendaba monitorear 2 veces al año en 2 épocas climáticas, en cada uno de los sitios de monitoreo se recomendaba tomar muestras de calidad del agua para fisicoquímicos como nitrógeno total, fosforo total, solidos suspendidos totales, microbiológicos como Coliformes totales e hidrobiológicos como macroinvertebrados, perifiton y peces.

Sin embargo, dado a las condiciones de la zona de estudio, el acceso a los sitios y los tiempos de preservación de las muestras de calidad del agua fue necesario realizar una optimización a la red de monitoreo.

Esta optimización incluyó las siguientes actividades:

- Se identificaron las estaciones de monitoreo establecidas previamente en el plan de monitoreo del recurso hídrico para el área protegida.
- Se establecieron y modificaron nuevas estaciones de monitoreo, teniendo en cuenta la identificación realizada en campo.
- Se definieron zonas de monitoreo, teniendo en cuenta la accesibilidad hacia el área protegida.
- Para definir factores de desplazamiento al interior del área protegida, se hicieron recorridos hacia las estaciones de monitoreo establecidas, registrando tiempo de desplazamiento entre estaciones, también tomando registro de los posibles lugares donde se cuente con refrigeración, para la preservación de muestras.
- Se recolectó información fotográfica, de cada estación visitada, con el fin de facilitar la identificación de la estación de monitoreo una vez se esté en campo, la cual va acompañada de su debida descripción de las condiciones circundantes al entorno, estos recorridos se hicieron en compañía de algunos funcionarios del área protegida.

Los sitios recomendados en el plan de monitoreo de recurso hídrico del PNN Las Orquídeas del año 2018, no consideraba los tiempos de desplazamiento y el tiempo de conservación de muestras de agua, por lo que se establecieron las ventanas al interior del área para el monitoreo; así como se tampoco consideraba que en las estaciones definidas en bocatomas pudiesen dejar de cumplir esta función en el tiempo, como fue el caso en 2 de las 3 bocatomas establecidas en la red de monitoreo anterior, pues las familias que se surtían de agua de estas bocatomas ya no habitaban allí, estos predios quedaron abandonados, por lo que se tomó la decisión de no incluir ninguna bocatoma en esta red; así mismo, se ajustó una de las estaciones de control, aguas arriba en el río Calles, donde el sitio de monitoreo estaba ubicado después de predios en los que se tenía actividad ganadera y algunos cultivos, sumado a que en los meses de enero, febrero y marzo del presente año, se evidenció actividad de tala justo en los alrededores de donde se encontraba esta estación, lo que llevo a reconsiderar este sitio y ubicarlo en un lugar donde no se evidencie ni se tenga registro de intervención antrópica.

### **8.1. Red de monitoreo optimizada**

Teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en el Protocolo de monitoreo del agua establecido por el IDEAM, 2018, donde, - las estaciones de monitoreo por lo general se encuentran establecidas en la red de monitoreo de calidad del agua nacional, regional o local, las cuales se encuentran seleccionadas de acuerdo con el programa de monitoreo -. En el caso del PNN Las Orquídeas, las estaciones se delimitaron para el área protegida específicamente en el plan de monitoreo del

recurso hídrico, éstas fueron identificadas en campo y se reevaluó su viabilidad teniendo en cuenta la **Tabla 3**

Debido a la necesidad de obtener información, a causa de la previa evaluación de la influencia de las presiones que se ejercen directa o indirectamente sobre el recurso hídrico, establecido en el plan de manejo del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, esta información es necesaria para el control y para la recopilación de datos para realizar un análisis en el corto y mediano plazo.

Tabla 3. *Descripción de los sitios de monitoreo*

| <b>Numero de sitio de muestreo</b> | <b>Descripción del sitio de muestreo</b>  |
|------------------------------------|---|
| <b>1</b>                           | Fuente superficial en cercanías al nacimiento, acuífero o manantial                 |
| <b>2</b>                           | Lago, embalse   |
| <b>3</b>                           | Fuente superficial aguas arriba de una ciudad                                       |
| <b>4</b>                           | Fuente superficial aguas abajo de una ciudad  |
| <b>5</b>                           | Fuente superficial aguas arriba de zonas industriales, mineras y agrícolas          |
| <b>6</b>                           | Fuente superficial aguas abajo de zonas industriales, mineras y agrícolas           |
| <b>7</b>                           | Sobre los principales tributarios antes de la desembocadura a la fuente superficial |
| <b>8</b>                           | Fuente superficial aguas arriba de la desembocadura al mar                          |
| <b>9</b>                           | Vertimiento de zonas industriales   |
| <b>10</b>                          | Vertimiento de áreas mineras  |
| <b>11</b>                          | Vertimientos de áreas agrícolas   |

**Fuente:** *Protocolo de monitoreo del agua, IDEAM, 2018.*



Figura 1. Posibles sitios de monitoreo. Modificado "Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Fuente (IDEAM, 2002).

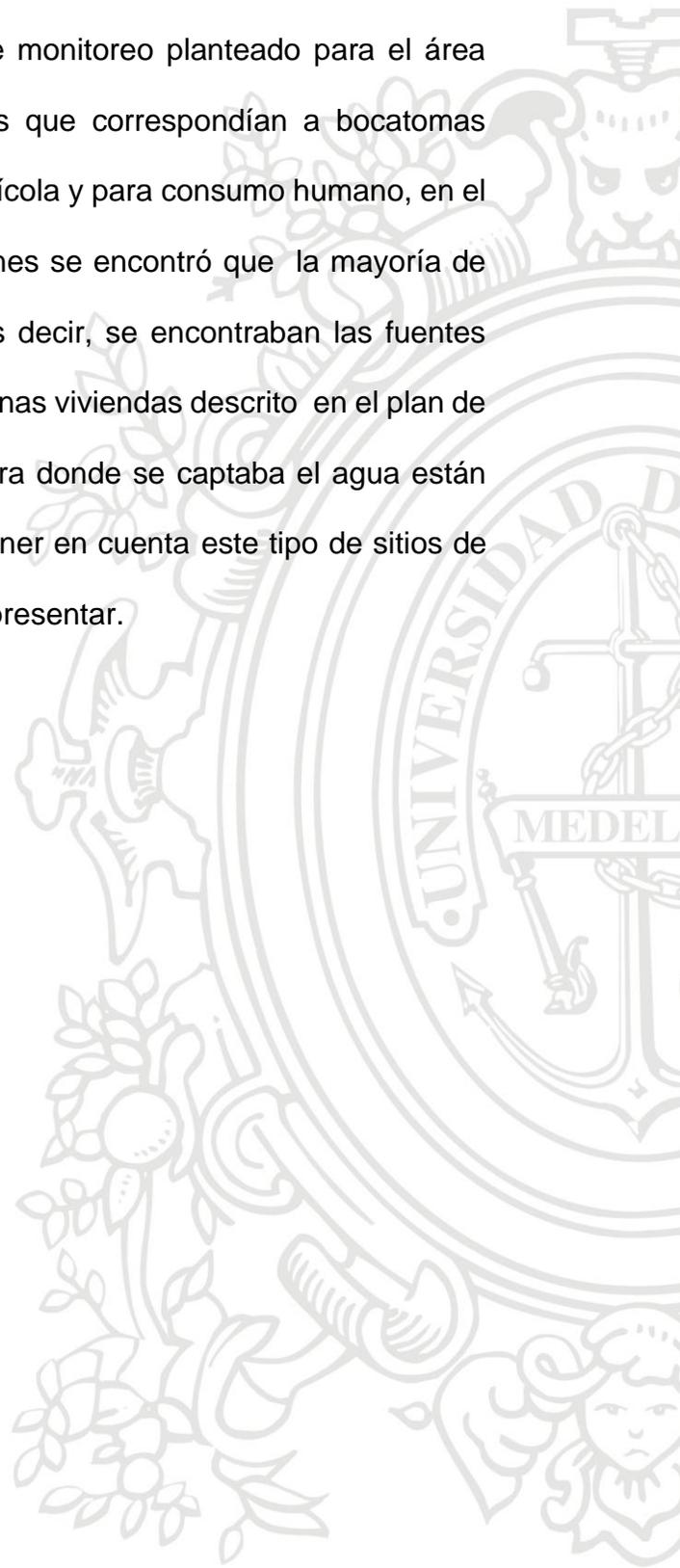
Las estaciones establecidas a continuación fueron visitadas, identificadas y posteriormente ajustadas a la red de monitoreo propuesta en el plan de monitoreo del recurso hídrico del PNN Las Orquídeas.

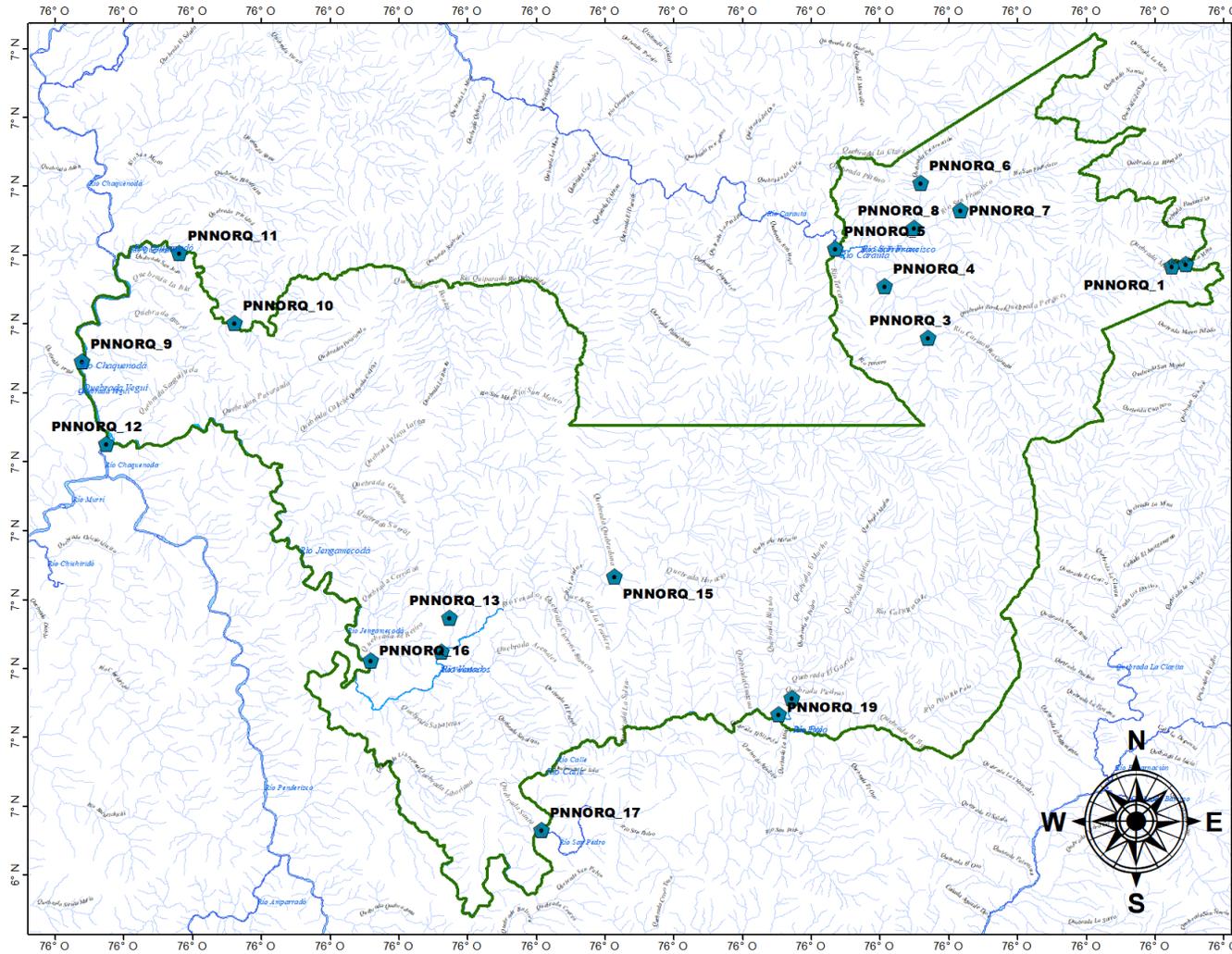
En este mismo plan se sugiere hacer una breve descripción del sitio donde se establecen cada una de las estaciones de monitoreo, acompañado de información que permitan una posterior ubicación de estas en campo, por lo que van acompañadas de fotografías y una breve descripción del lugar. En la Tabla 2, se identifica cada estación con la siguiente información:

- Código
- Coordenadas: Longitud, latitud.
- Nombre de la estación
- Fuente Hídrica
- Municipio

- Presión asociada

Es importante aclarar que dentro del plan de monitoreo planteado para el área protegida, se planteaban algunas estaciones que correspondían a bocatomas principalmente destinadas para la actividad agrícola y para consumo humano, en el momento de la identificación de estas estaciones se encontró que la mayoría de estas ya no funcionaban como bocatomas, es decir, se encontraban las fuentes hídricas pero el sistema de bocatoma para algunas viviendas descrito en el plan de monitoreo ya no existen, pues los predios para donde se captaba el agua están deshabitados. Por esta razón, se decidió no tener en cuenta este tipo de sitios de muestreo debido a la variabilidad que pueden presentar.





### Estaciones de monitoreo del recurso hidrico PNN Las Orquídeas

### Convenciones generales

- Limite\_poligono\_2K\_pORQ
- Drenaje\_sencillo\_PNNO
- Drenaje\_doble\_PNNO

### Convenciones especificas

- Estaciones de monitoreo



Escala  
1:75000



Municipios

Frontino, Urrao, Abriaquí Dpto.  
Antioquia

Proyecto

Ajuste al plan de monitoreo del recurso hidrico del PNN Las Orquídeas

Programa

Guarda Parque Voluntario  
Ingenieria ambiental (UdeA)

Elaborado por:

Sara Rojas Martínez

Fecha

26/03/2020

Figura 2. Ubicación de las estaciones de la red de monitoreo del recurso hídrico dentro del Parque Nacional Natural Las Orquídeas

Tabla 4. Identificación, ubicación y descripción de las estaciones de la red de monitoreo al para el Parque Nacional Natural Las Orquídeas.

| Código           | Longitud   | Latitud  | Nombre de la estación  | Fuente hídrica                    | Municipio | Presión asociada                                    |
|------------------|------------|----------|--|-----------------------------------|-----------|---|
| <b>PNNORQ_1</b>  | -76,145900 | 6,630559 | Q. La Mina (R. Piedras) Aguas arriba de la Mina Panesso                                    | Q. La Mina                        | Abriaquí  | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme |
| <b>PNNORQ_2</b>  | -76,142500 | 6,631088 | Q. La Mina (R. Piedras) Parte baja de la Mina Panesso (después del vertimiento de la mina) | Q. La Mina                        | Abriaquí  | Actividad minera                                    |
| <b>PNNORQ_3</b>  | -76,204897 | 6,613261 | R. Carauta (Río Santiago)- Parte alta de la Mina La Soledad                                | R. Carauta (R. Santiago)          | Frontino  | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme |
| <b>PNNORQ_4</b>  | -76,215496 | 6,625726 | R. Carauta (Río Santiago) Parte baja de la Mina La Salada                                  | R. Carauta (R. Santiago)          | Frontino  | Actividad minera                                    |
| <b>PNNORQ_5</b>  | -76,227354 | 6,634954 | R. Carauta – Después de la confluencia con la Q. Encarnación                               | R. Carauta                        | Frontino  | Actividad minera                                    |
| <b>PNNORQ_6</b>  | -76,206681 | 6,650763 | Q. Encarnación (R. Francisco) - Parte alta de la Mina La Alegría                           | Q. Encarnación (R. San Francisco) | Frontino  | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme |
| <b>PNNORQ_7</b>  | -76,197049 | 6,644241 | Q. Encarnación (R. San Francisco) – Parte alta de la Mina El Rollo                         | Q. Encarnación (R. San Francisco) | Frontino  | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme |
| <b>PNNORQ_8</b>  | -76,208355 | 6,639808 | Q. Encarnación (R. San Francisco) – Parte baja de la Mina San Francisco                    | Q. Encarnación (R. San Francisco) | Frontino  | Actividad minera                                    |
| <b>PNNORQ_9</b>  | -76,410011 | 6,607608 | R. Chaquenodá- Parte baja de la Mina Curbatí   | R. Chaquenodá                     | Frontino  | Actividad minera                                    |
| <b>PNNORQ_10</b> | -76,373039 | 6,616786 | R. Quiparadó- Parte alta de la Mina Batea 2  | R. Quiparadó                      | Frontino  | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme |
| <b>PNNORQ_11</b> | -76,386536 | 6,633861 | R. Quiparadó- Aguas abajo de la Mina Batea 1   | R. Quiparadó                      | Frontino  | Actividad minera                                    |

| <b>Código</b>    | <b>Longitud</b> | <b>Latitud</b> | <b>Nombre de la estación</b>   | <b>Fuente hídrica</b> | <b>Municipio</b> | <b>Presión asociada</b>  |
|------------------|-----------------|----------------|--|-----------------------|------------------|--|
| <b>PNNORQ_12</b> | -76,404225      | 6,587653       | R. Chaquenodá – Después de la confluencia con el R. Jengamecodá      | R. Chaquenodá         | Urrao-Frontino   | Actividad minera   |
| <b>PNNORQ_13</b> | -76,320900      | 6,545389       | R. San Mateo - Antes de la confluencia con el R. Venados             | R. San Mateo          | Frontino         | Actividad Agrícola y ganadera  |
| <b>PNNORQ_14</b> | -76,323000      | 6,537279       | R. Venados - Aguas abajo, después de la confluencia del R. San Mateo | R. Venados            | Frontino         | Actividad Agrícola y ganadera  |
| <b>PNNORQ_15</b> | -76,280900      | 6,555450       | R. Venados – Parte alta de la vivienda Derly Johana Londoño Guisao   | R. Venados            | Frontino         | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme  |
| <b>PNNORQ_16</b> | -76,340000      | 6,534999       | R. Jengamecodá- Antes de la confluencia del R. Venados               | R. Jengamecodá        | Frontino         | Actividad Agrícola, Vegetación secundaria o en transición, asociada a Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales |
| <b>PNNORQ_17</b> | -76,298600      | 6,494013       | R. Calle – Aguas abajo, Parte alta de la vivienda de Octavio Montoya | R. Calles             | Urrao            | Vertimiento doméstico y actividad Agrícola y Pastos limpios  |
| <b>PNNORQ_18</b> | -76,237900      | 6,526054       | R. Calles - Aguas arriba.  | R. Calles             | Urrao            | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme  |
| <b>PNNORQ_19</b> | -76,241100      | 6,522101       | R. Calles - después de la confluencia del R. Polo                    | R. Calles             | Urrao            | Sitio de control, Bosque denso alto de tierra firme  |

A continuación, se detallan las generalidades de cada una de las estaciones de monitoreo del PNN Las Orquídeas:

**a. PNNORQ\_1** Q. La Mina (R. Piedras) Aguas arriba de la Mina Panesso

Este punto de muestreo hace parte de la cuenca del río Herradura, se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de pastos enmalezados, se recomienda seleccionarlo como sitio de control o punto blanco ya que no está referenciada la presencia de intervención antrópica, lo cual permite la comparación con las estaciones ubicadas aguas abajo de dicha fuente hídrica en donde se evidencia actividades de orden antrópico.



Figura 3. Características de **PNNORQ\_1** Q. La Mina (R. Piedras) Aguas arriba de la Mina Panesso

**b. PNNORQ\_2** Q. La Mina (R. Piedras) Parte baja de la Mina Panesso (después del vertimiento de la mina)

Punto de muestreo ubicado después del vertimiento de la mina Panesso se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de pastos enmalezados

asociados con vegetación secundaria o en transición, rodeada también de potreros.



De la estación PNNORQ\_3 hasta la estación PNNORQ\_12, No fue posible ingresar a hacer la identificación de estas estaciones, debido a limitaciones de orden público que a la fecha se presentan en la zona, Por esta razón la información actual, seguirá siendo pertinente para el ajuste del plan de monitoreo del recurso hídrico, cabe aclarar que esta información se encuentra en el plan de monitoreo del recurso hídrico; sin embargo, para fines de este documento se planteará la descripción de todas las estaciones sugeridas para esta red de monitoreo. Se debe tener en cuenta que la mayoría de las estaciones de la zona donde se ejerce minería queda sobre el municipio de Frontino, y un par de estaciones en el municipio de Abriaquí, como se aprecia en la tabla 2, también es importante resaltar que se removieron 2 estaciones del plan de monitoreo, ya que con el nuevo ajuste de los límites del área protegida estas quedaban por fuera de la jurisdicción, por lo que se consideró pertinente removerlas de éste plan, en el plan de monitoreo estaban identificadas como PNNORQ\_6 y PNNORQ\_7, por ende, al resto de las estaciones se renombró su respectivo código de identificación; a continuación, se describen.

**c. PNNORQ\_3 - Río Carauta (Río Santiago) Parte alta de la Mina La Soledad**

Esta estación de monitoreo se ubica en la parte alta de la mina La Soledad, se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bosque denso alto de tierra firme. Es catalogado como sitio de control en donde no se evidencia intervención antrópica alguna, con lo cual las caracterizaciones realizadas sobre esta estación podrían emplearse para realizar comparaciones con los análisis o caracterizaciones que se realicen en las estaciones ubicadas aguas abajo de la fuente hídrica en donde se evidencie actividades antrópicas.



Figura 5. Características de **PNNORQ\_3** - Río Carauta (Río Santiago) Parte alta de la Mina La Soledad



Figura 6. Ubicación de la estación **PNNORQ\_4** - Río Carauta (Río Santiago) Parte baja de la Mina La Salada.

**d. PNNORQ\_4 - Río Carauta (Río Santiago) Parte baja de la Mina La Salada-**

Punto de muestreo ubicado sobre el río Carauta (después del vertimiento de la mina La Salada) es de gran interés la caracterización del río en este punto porque también se reporta la presencia de otras minas aguas arriba del sector, dentro de las cuales se destaca la mina La Soledad y Mina Santiago.

Esta estación de muestreo hace parte de la cuenca del Río Carauta, se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bosque denso alto de tierra firme. Fue ubicada en este sector del río con el fin de evaluar el grado de afectación sobre los valores objeto de conservación del Parque que puede estar causando las actividades mineras que allí se vienen desarrollando por parte de las minas anteriormente mencionadas.

**e. PNNORQ\_5** -Río Carauta Después de la confluencia con la Quebrada Encarnación

Estación de muestreo ubicada en la zona limítrofe del Parque, sobre el río Carauta después de la confluencia de la Quebrada Encarnación. Se caracteriza por presentar una cobertura vegetal secundaria o en transición.

Esta estación ha sido ubicada en este punto del río para evaluar el grado de afectación que pueden ocasionar la presencia de las minas ubicadas tanto en la quebrada Encarnación (Minas San Francisco, La Carmelita, La Alegría, La Cruz, El Rollo y La Fortuna) como en el río Carauta (Minas La Salada y Santiago); o por el contrario evaluar el grado de recuperación que puede presentar el río.

**f. PNNORQ\_6** Quebrada Encarnación (R. Francisco) Parte alta de la Mina La Alegría

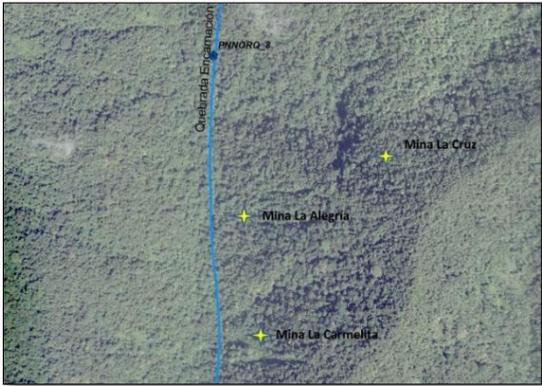
Este punto de monitoreo sería considerado como sitio de control en donde no se evidencia intervención antrópica; las caracterizaciones realizadas sobre esta estación pueden emplearse para realizar comparaciones con los análisis que se hagan sobre las estaciones ubicadas aguas abajo de la fuente hídrica, es decir, que esta estación sirve como punto de referencia para identificar y evaluar los impactos ocasionados sobre el recurso biótico y abiótico que pueden estar generando la presencia de las minas San Francisco, La Carmelita, La Alegría, La Cruz, entre otras

Este punto se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bosque denso alto de tierra firme.

**g. PNNORQ\_7** - Quebrada Encarnación (R. Francisco) Parte alta de la Mina El Rollo

Este punto de monitoreo sería considerado como sitio de control en donde no se evidencia intervención antrópica; esta estación sirve como punto de referencia para identificar y evaluar los impactos ocasionados sobre el recurso biótico y abiótico que pueden estar generando la presencia de las minas El Rollo, La Fortuna y otras que se encuentren en los alrededores

Este punto se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bosque denso alto de tierra firme.

|  |  |
|--|--|
|    |   |
| <p>Figura 7. <i>Ubicación de la estación PNNORQ_6 Quebrada Encarnación (R. Francisco) Parte alta de la Mina La Alegría</i></p> | <p>Figura 8. <i>Ubicación de la estación PNNORQ_7 - Quebrada Encarnación (R. Francisco) Parte alta de la Mina El Rollo</i></p> |

**h. PNNORQ\_8** - Quebrada Encarnación (R. San Francisco) Parte baja de la Mina San Francisco

En esta estación se puede identificar y evaluar los posibles impactos ocasionados sobre el recurso biótico y abiótico que puede estar generando la presencia de las minas San Francisco, El Rollo, La Fortuna y otras que se encuentren aguas arriba de esta estación.



Figura 9. *Ubicación de la estación PNNORQ\_8 - Quebrada Encarnación (R. San Francisco) Parte baja de la Mina San Francisco.*

**i. PNNORQ\_9** R. Chaquenodá- Parte baja de la Mina Curbatí

Esta estación se encuentra ubicada sobre el Río Chaquenodá en la cuenca del río Jengamecodá; se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bosque fragmentado con vegetación secundaria. Sin embargo, en los alrededores se evidencia mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, lo cual indica que el bosque denso alto de tierra firme está siendo transformado.

Este punto de muestreo se ubicó en la parte baja de la mina Curbatí para evaluar y diagnosticar el estado en el que se encuentra los valores objeto de conservación del Parque, especialmente el recurso hídrico, con el desarrollo de las actividades

mineras que se vienen implementando en este sector, específicamente las ejecutadas por La Mina Curbatí.

**j. PNNORQ\_10 R. Quiparadó- Parte alta de la Mina Batea 2**

Esta estación está ubicada en la parte alta de la mina Batea 2 en la zona límite del Parque, sobre el Río Quiparadó; se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de bosque fragmentado con vegetación secundaria o en transición, aunque también se reporta en los alrededores un bosque denso alto de tierra firme que está siendo transformado. Esta estación se recomienda seleccionarla como sitio de control o punto blanco ya que no está referenciada la presencia de intervención antrópica, lo cual permite la comparación con las estaciones ubicadas aguas abajo de dicha fuente hídrica en donde se evidencia actividades de orden antrópico.

**k. PNNORQ\_11 R. Quiparadó- Aguas abajo de la Mina Batea 1**

La estación está ubicada en la parte baja de la mina Batea 1 sobre el Río Quiparadó; se caracteriza por presentar una cobertura vegetal de mosaico de cultivo, pastos y espacios naturales; observándose en los alrededores vegetación secundaria o en transición lo cual indica que el bosque denso alto de tierra firme ha sido transformado.

Esta estación ha sido ubicada estratégicamente de manera que nos permita evaluar y diagnosticar las afectaciones que posiblemente pueden ocasionar sobre los valores objeto de conservación del Parque las actividades antrópicas que se vienen desarrollando en el sector, especialmente las mineras.

**I. PNNORQ\_12 R. Chaquenodá** – Después de la confluencia con el R. Jengamecodá.

Punto de muestreo ubicado sobre el río Chaquenodá, en la zona límite del Parque después de la confluencia con el río Jengamecodá y antes de su desembocadura al río Murri; hace parte de la cuenca del río Calles.

Esta estación está localizada en una zona que se caracteriza por presentar un bosque fragmentado con presencia de vegetación secundaria, lo que evidencia el grado de intervención que se ha ocasionado sobre el bosque denso alto de tierra firme que se observa en las inmediaciones a la zona.

Con la implementación de esta estación lo que se pretende es evaluar las condiciones fisicoquímicas e hidrobiológicas en las que se encuentra el río Chaquenodá una vez deja el parque, pero antes de que este confluya al río Murri.

**m. PNNORQ\_13 R. San Mateo** - Antes de la confluencia con el R. Venados.

Esta estación hace parte de la cuenca del río Venados, se localiza antes de la confluencia con éste. La estación se caracteriza por estar rodeada de algunos cultivos pertenecientes a los indígenas que habitan en la zona, allí se cultiva principalmente plátano y maíz, también está rodeado de vegetación secundaria y pastos enmalezados.

Con la implementación de esta estación se pretende evaluar las condiciones fisicoquímicas e hidrobiológicas en las que se encuentra el río San Mateo en la parte

baja de este, así se podrá evaluar en qué estado este importante afluente le entrega el agua al río venados.

En la parte media de este afluente, aguas arriba de la estación establecida, hay una zona que se encuentra rodeada de una pequeña comunidad campesina la cual vive de cultivos de pancoger y ganadería.

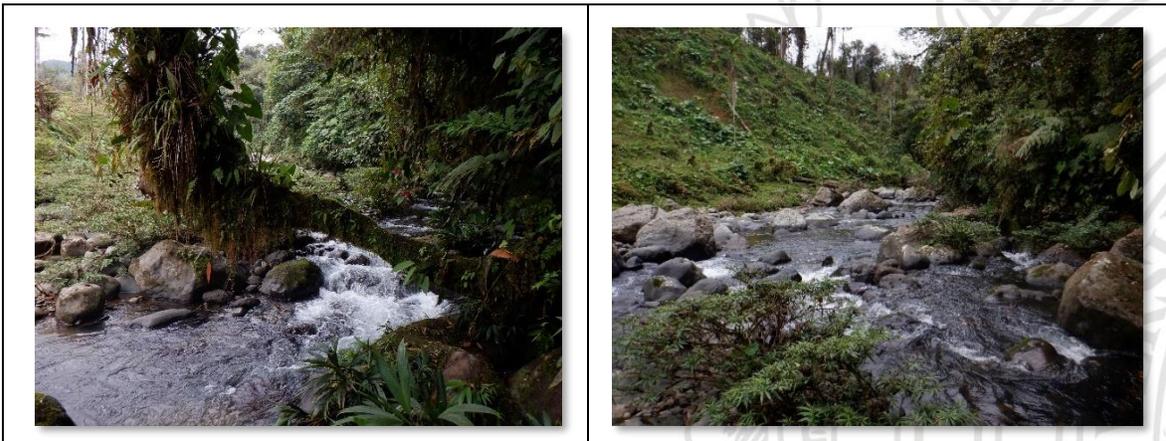


Figura 10. *Ubicación de la estación **PNNORQ\_13** R. San Mateo - Antes de la confluencia con el R. Venados*

n. **PNNORQ\_14** R. Venados - Aguas abajo, después de la confluencia del R. San Mateo.

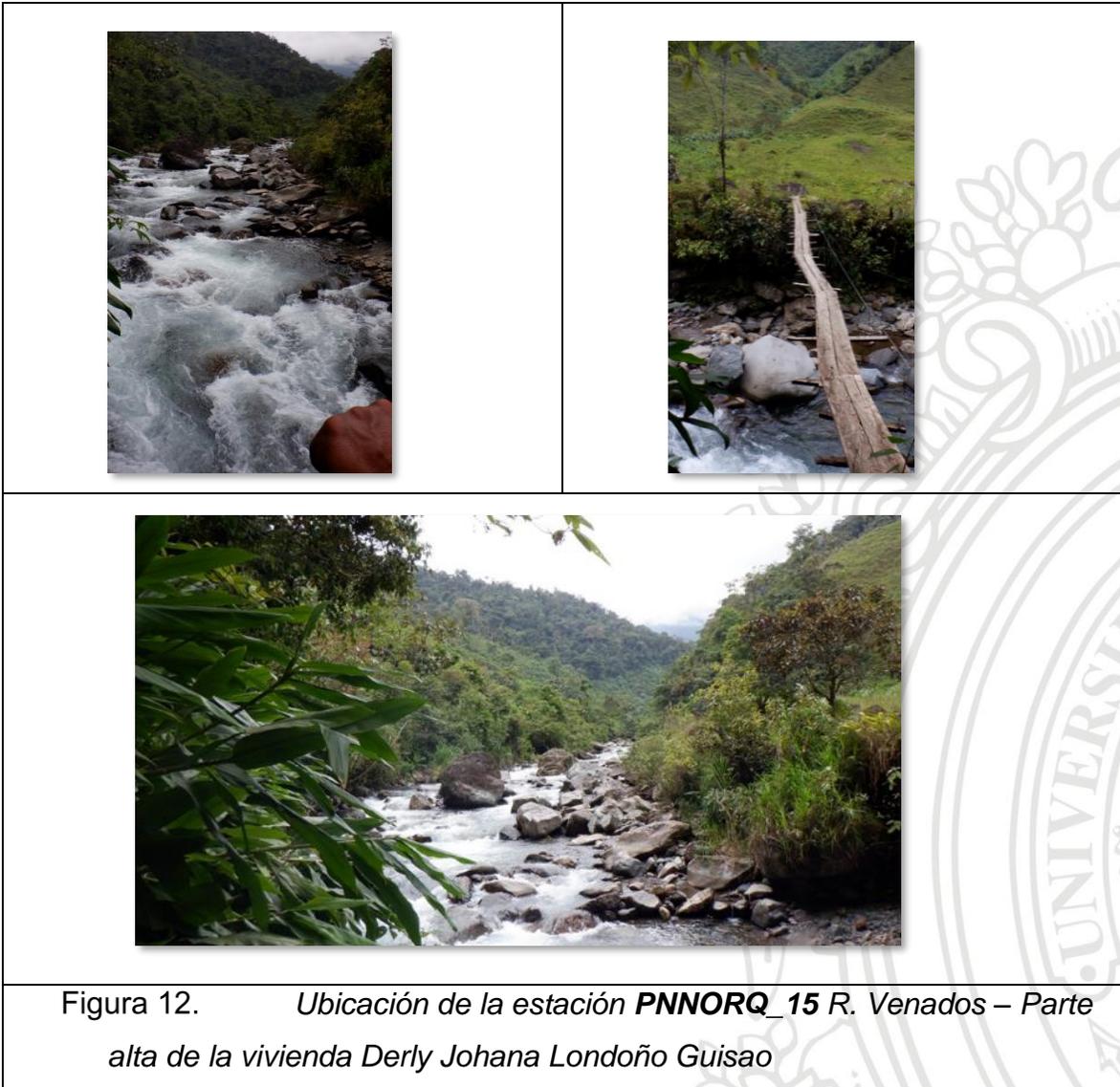
Esta estación de monitoreo se caracteriza por estar en una zona rodeada por cobertura vegetal, así como potreros y cultivos de plátano y maíz, el caudal en esta parte del río es de importancia ya que se ubica en la parte baja de la cuenca del río venados, después de la confluencia con el río San Mateo y de toda la actividad ganadera y agrícola que le lleva acabo desde la parte alta del afluente.



Figura 11. *Ubicación de la estación **PNNORQ\_14** R. Venados - Aguas abajo, después de la confluencia del R. San Mateo*

**o. PNNORQ\_15** R. Venados – Parte alta de la vivienda Derly Johana Londoño Guisao.

Esta estación de monitoreo se encuentra ubicada sobre el río Venados; se caracteriza por presentar una cobertura vegetal secundaria o en transición, donde se evidencia que el bosque denso alto, propio del parque ha sido intervenido por la población allí asentada, transformándolo en un mosaico de cultivos con pastos.; se encuentra ubicada en la parte alta de la vivienda, sobre un puente que allí hay, esta estación se ubica allí, pues con el fin que sirva como punto de referencia o control para los diagnósticos de las estaciones ubicadas en aguas abajo del río, donde se observa intervención antrópica



**p. PNNORQ\_16** R. Jengamecodá- Antes de la confluencia del R. Venados.

Esta estación de monitoreo está ubicada sobre el límite del área protegida después de la confluencia de la quebrada el retiro y antes de la confluencia del río venados; se caracteriza por tener un caudal de importancia, está rodeado de vegetación densa, la cual es resultado de procesos de restauración, la cual se encuentra muy bien conservada.



**q. PNNORQ\_17 R. Calle – Aguas abajo, Parte alta de la vivienda de Octavio Montoya.**

Esta estación de muestreo se ubica sobre el Rio Calles, en la zona límite del parque, se caracteriza por presentar cobertura vegetal constituida principalmente por pastos limpios, el punto de muestreo se ubica en la parte baja de la vivienda del señor Octavio Montoya, donde la principal actividad que se realiza es la agricultura y ganadería. Al frente de la casa del señor Octavio Montoya confluye el Rio San Pedro con el Rio Calles. Y un poco más abajo se cuenta con una garrucha que puede facilitar el proceso de muestreo en campo.



**r. PNNORQ\_18** R. Calles - Aguas arriba.

Este punto de monitoreo sería considerado como sitio de control en donde no se evidencia intervención antrópica; pues se encuentra rodeado de vegetación densa y no intervenida, esta estación sirve como punto de referencia para identificar y evaluar los impactos ocasionados por la actividad antrópica principalmente ganadería y agricultura.

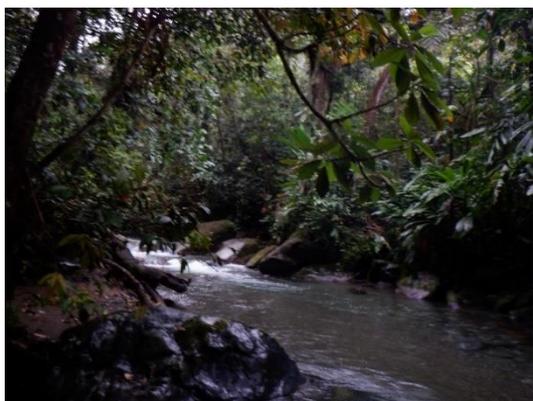


Figura 15. *Ubicación de la estación **PNNORQ\_18** R. Calles - Aguas arriba.*

**s. PNNORQ\_19** R. Calles - después de la confluencia del R. Polo

El río polo es un tributario con un caudal aparentemente considerable que confluye con el río Calles, se considera importante saber cuál es el estado del río Calles justo después de la confluencia, además que en ese punto ya hay evidencia de actividad antrópica como ganadería y agricultura paralelo al río Polo aguas arriba de esta estación.



#### 8.1.1. Zonas de monitoreo:

El área protegida del PNN Las Orquídeas se dividió en tres ventanas, esta decisión se tomó debido a que las condiciones de acceso al área protegida son difíciles, y el desplazamiento dentro de esta debe hacerse por sectores, ya que el ingreso es por diferentes rutas, además debe considerarse el tiempo de desplazamiento dentro del área protegida, ya que el tiempo de preservación y transporte de las muestras de agua es un factor determinante. A continuación, se hará una breve descripción de estas ventanas.

- a. **Ventana 1:** Esta ventana, comprende los municipios de Frontino y Abriaquí, este sector se caracteriza por ser una de las zonas donde se da actividad minera, lo que genera un factor de presión por contaminación al interior del área protegida; sin embargo, por problemas de orden público con los mineros, no se puede acceder totalmente a la zona delimitada en esta

ventana, actualmente solo se tiene ingreso a la ubicación de las estaciones identificadas como PNNORQ\_1 y PNNORQ\_2, ubicadas en el municipio de Abriaquí.

- b. Ventana 2:** Esta ventana corresponde a zona de traslape con resguardos indígenas de la etnia Emberá, hace parte del municipio de Frontino, este sector se caracteriza por presentar presión asociada principalmente a minería, igualmente se genera un factor de presión por contaminación al interior del área protegida, adicionalmente, en la actualidad, se presentan problemas de orden público en la zona, por lo que no ha sido posible hacer la identificación de estas estaciones en campo. Esta ventana, a diferencia de las otras, por estar ubicada en área de traslape, para el ingreso a ella, debe tramitarse un permiso de ingreso, con los gobernadores indígenas de los resguardos para el municipio de Frontino y Urrao
- c. Ventana 3:** Esta ventana, comprende los municipios de Urrao (Sector Calles) y Frontino (Sector Venados); este sector se caracteriza por la alta densidad de poblaciones campesinas que generan presión al interior del área protegida, de cambio de cobertura vegetal, debido a actividad ganadera y agricultura. Es la única zona del parque que actualmente cuenta con acceso a todas las estaciones de monitoreo planteadas en este documento.

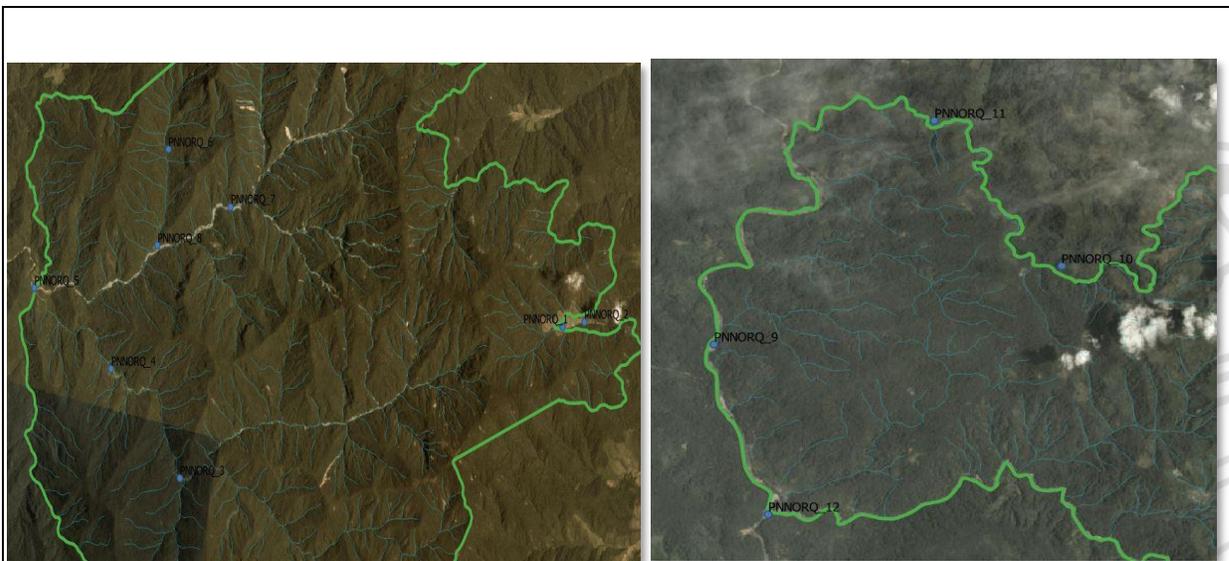


Figura 17. Ventanas, zonas de acceso al area protegida. a) Ventana 1, b) Ventana 2, c) Ventana 3

## 8.2. Selección de indicadores asociado a calidad del agua

Para la selección de los indicadores fue indispensable tomar en cuenta el tiempo de desplazamiento entre sitios de monitoreo al interior del área protegida, y el tiempo máximo que requieren ciertas muestras para ser llevadas al laboratorio sin que se

afecte su composición, así como tener en cuenta los índices establecidos que recomienda el IDEAM para cuerpos de agua superficiales y en el caso del PNN Las Orquídeas un factor importante son los usos del agua que se le dan al recurso hídrico dentro del parque.

A los indicadores seleccionados, se les elaboro fichas metodológicas, las cuales se encuentran en los anexos 1, 2, 3 ,4 de este documento. Donde se incluye, como calcular los parámetros de cada indicador, formatos para recolección de datos en campo, formatos para la digitalización de los datos recolectados y procesamiento para el cálculo de cada indicador, también se encontrarán listas de chequeo, con diferentes ítems, como paso a paso para la recolección de muestras, verificación de actividades previas y lista de insumos necesarios en campo, con el fin de asegurar la toma de muestras que arrojen datos de buena calidad.

### **8.3. Indicadores asociados a calidad del agua**

Según el IDEAM (2014), para explicar el estado de la cantidad y calidad del agua en Colombia, se desarrolló el “Sistema de indicadores hídricos” el cual está asociada al régimen natural y a la intervención antrópica. Para efectos prácticos de este documento, solo se tendrá en cuenta un indicador, el cual está asociado a la intervención antrópica, que dentro del área protegida se ve reflejada en las presiones relacionadas con cambio de cobertura vegetal de manera paralela a las principales fuentes hídricas al interior del área protegida, así como a la presión debida a la contaminación generada por la actividad minera.

El índice de calidad del agua ICA, es un número (entre 0 y 1) el cual nos muestra el grado de calidad de un cuerpo de agua a partir de la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos; independiente del uso que se le dé al recurso hídrico; por otro lado, este índice no es capaz de integrar la complejidad de fenómenos naturales, variabilidad climática de forma detallada IDEAM (2014), por este motivo es importante complementar los datos que nos da este indicador con información meteorológica, de caudales y del estado ecológico de los cuerpos de agua.

El IDEAM en su hoja metodológica para el índice de calidad del agua en corrientes superficiales, propone un índice ICA de 5 y 6 variables IDEAM (2014). Para el caso particular del PNN Las Orquídeas se adoptará el cálculo del ICA de 5 variables, el cual no incluye la medición de variables microbiológicas; esta decisión fue tomada después de hacer un recorrido en campo donde se estimó el tiempo requerido para el desplazamiento de una estación a otra y para hacer las mediciones *in situ* y recolección de muestras de agua, la información se tuvo en cuenta y se comparó el tiempo de recorrido y recolección de muestras de agua con los métodos de preservación de estas, pues estos factores son determinantes para el tratamiento de la cadena de custodia, que es fundamental para garantizar la calidad de las muestras tomadas en campo; observándose que los tiempo de almacenamiento de muestras no cumpliría con el tiempo recomendado por el IDEAM para la preservación de la variable microbiológica.

Durante este análisis se encontró que la mayoría de parámetros, cuenta con unas medidas de manejo estrictas, que requieren ser analizadas en el menor tiempo posible (máximo de 48 horas) y de ser difícil el transporte de estas hasta el

laboratorio se sugiere medidas de preservación específicas para cada parámetro, lo cual permitirá almacenar la muestra por más de 48 horas; es importante que el tiempo que transcurre entre la recolección de la muestra y el análisis en el laboratorio sea corto; sin embargo, dentro del área protegida, se tienen condiciones especiales, las cuales no permiten ni desplazamiento en cortos periodos de tiempo ni alternativas para preservación de muestras, por lo que se hace difícil garantizar las condiciones de preservación de la cadena de custodia óptimas para el posterior análisis de las muestras en el laboratorio.

En el plan de monitoreo del recurso hídrico (IDEAM, 2002), se encuentran las recomendaciones de preservación y almacenamiento de muestras de agua, esta información ha sido recopilada en la tabla 5, la cual describe el índice de calidad de agua de 5 variables propuesto por el IDEAM. Cabe aclarar que, de estas 5 variables, se van a medir *in – situ* el pH, conductividad y oxígeno disuelto, mientras que la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST), se tomarán muestras para ser analizadas en el laboratorio, por esta razón el tiempo de preservación puede ser hasta 7 días tomando las medidas de preservación que se requieren.

Tabla 5. *Índice de calidad del agua (ICA) de 5 variables.*

| <b>Índice de calidad de agua para agua superficial. ICA - IDEAM</b> |                    |                                |                  |   |                |
|---|--------------------|--------------------------------|------------------|---|----------------|
| 5 variables   | Preservación       |                                |                  |   |                |
|   | Tipo de recipiente | Volumen mínimo de muestra (mL) | Tipo de muestra  | Preservación en campo                                 | Almacenamiento |
| <b>Oxígeno disuelto</b>   | Plástico/Vidrio    | 300                            | Simple           | Analizar inmediatamente                               | 0.25 h         |
| <b>Sólidos en suspensión</b>  | Plástico/Vidrio    | 200                            | Simple/Compuesta | Refrigerar  | 7 d            |
| <b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>                             | Plástico/Vidrio    | 100                            | Simple/Compuesta | Analizar lo más pronto posible, o agregar             | 7 d - 28d      |
| <b>Conductividad eléctrica</b>                                      | Plástico/Vidrio    | 500                            | Simple/Compuesta | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar |                |
| <b>pH</b>   | Plástico/Vidrio    | 50                             | Simple           | Análisis inmediato                                    | 2 h            |

Dentro del área protegida, los usos del recurso hídrico están determinados por la actividad antrópica que se desarrolla al interior del área protegida, estas actividades antrópicas son a su vez generadoras de presión hacia el recurso hídrico, sea de manera directa como en el caso de la contaminación por explotación minera, o de manera indirecta por el cambio de cobertura vegetal, para ejercer allí actividades de ganadería y agricultura; que rodea las principales fuentes hídricas al interior del área protegida.

Por otro lado, está caracterizar el estado ecológico de las principales fuentes hídricas al interior del área protegida, por lo que se considera pertinente hacer un análisis hidrobiológico, a través de macroinvertebrados. Para este análisis se sugiere usar el método BMWP/Col, propuesto por Roldán, (2003); en su documento - Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col, 2003 -. Ahora bien, dado el caso que no sea posible hacer la identificación y caracterización en campo, la recolección preservación y transporte de las muestras

de macroinvertebrados, se hará tomando en cuenta las recomendaciones dadas en el protocolo de monitoreo del agua del IDEAM, 2017.

#### **8.4. Lineamientos metodológicos generales**

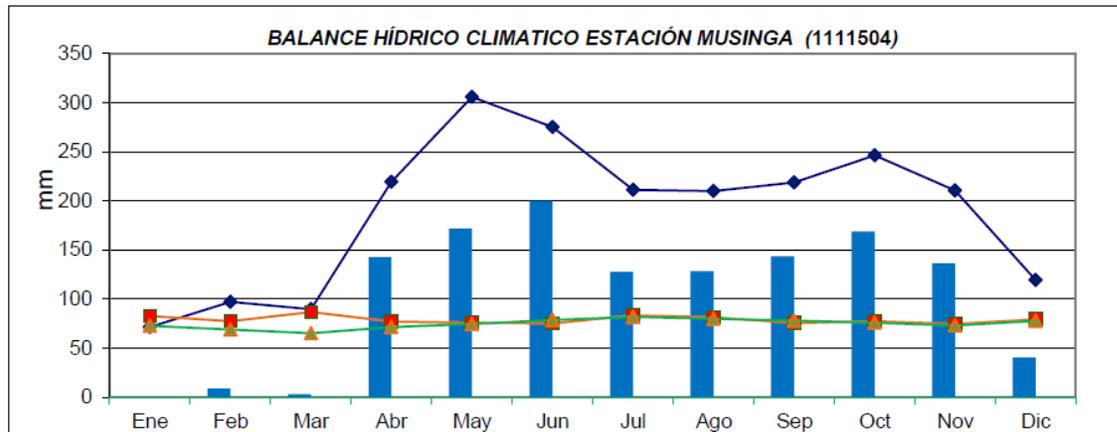
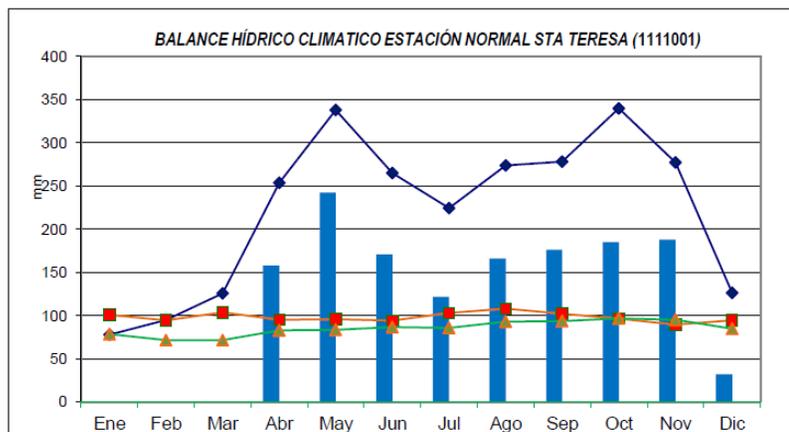
El plan de monitoreo del recurso hídrico para el PNN Las Orquídeas, inicialmente debe ajustarse a los propósitos establecidos en el plan de manejo del PNN Las Orquídeas, donde se destaca el levantamiento de la línea base para los diferentes parámetros tanto físicos, químicos microbiológicos e hidrobiológicos que permitan saber el estado del recurso hídrico al interior del área protegida.

Como se mencionó anteriormente, para dicho análisis y siguiendo los protocolos establecidos por el IDEAM, (2018) se considera importante que los parámetros de los índices a medir se tomen con regularidad, se sugiere que cada zona de monitoreo será muestreada de manera trimestral, de tal manera que toda el área protegida sea muestreada en cada una de las temporadas climáticas (2 temporadas de lluvia y 2 temporadas de menos lluvia) según el régimen bimodal de la zona de estudio del área protegida, como se muestra en la tabla 6. Esta información se corrobora con los gráficos de balance hídrico obtenidos para las estaciones Musinga y Santa Teresa, las cuales se encuentran ubicadas en las inmediaciones de la zona amortiguadora del área protegida.

Tabla 6. *Calendario de monitoreo anual*

| Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia |           |       |         |       |       |      |       |       |        | Parque Nacional Natural Las Orquídeas |         |           |
|---|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|---------------------------------------|---------|-----------|
| Programa Guardaparque voluntarios                   |           |       |         |       |       |      |       |       |        | Regimen hidrológico                   |         |           |
| Version 1.  |           |       |         |       |       |      |       |       |        | Firma:                                |         |           |
| Responsable: Sara Maria Rojas Martinez              |           |       |         |       |       |      |       |       |        |                                       |         |           |
| Año/Temporada                                       | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre                            | Octubre | Noviembre |
| Lluvia  |           |       |         |       |       |      |       |       |        |                                       |         |           |
| Menos lluvia  |           |       |         |       |       |      |       |       |        |                                       |         |           |
| Monitoreos  | Ventana 1 |       |         |       |       |      |       |       |        |                                       |         |           |
|   | Ventana 2 |       |         |       |       |      |       |       |        |                                       |         |           |
|   | Ventana 3 |       |         |       |       |      |       |       |        |                                       |         |           |

Figura 18. *Balance hídrico climático, estaciones cercanas al Parque Nacional Natural Las Orquídeas*



Fuente: Plan de manejo del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, 2019 - 2024

En los anexos 1, 2 3 y 4 de este documento se encuentran establecidas las hojas metodológicas de cada indicador, las cuales contienen toda la información y los requerimientos metodológicos para el cálculo de cada índice a partir de los datos de los parámetros obtenidos en campo y analizados en laboratorio, para calidad y estado ecológico del agua; es decir para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) y para el índice BMWP/Col, para Macroinvertebrados.

En cuanto al estado físico del recurso hídrico; para caudales, en la hoja metodológica para este parámetro se recomiendan métodos de aforo, sin embargo, queda a criterio de un experto en el área, cuál será el método más conveniente para obtener estos datos. Así mismo, para la toma de datos de niveles, se sugiere la instalación de equipos automáticos al interior del área protegida que estén reportando datos diarios. Cabe aclarar que si bien, inicialmente se estableció una red de monitoreo, los sitios donde deben ser instalados los equipos queda a criterio de expertos según las condiciones del área protegida, pues queda sujeto también a la disponibilidad de recursos económicos, de esto dependerá el número de estaciones a instalar.

## 9. Recomendaciones finales.

- Para un área protegida de difícil acceso y desplazamiento como lo es el Parque Nacional Natural Las Orquídeas, antes de hacer ajustes al plan de monitoreo, es indispensable hacer un reconocimiento previo de la zona, contar con esta perspectiva, ayudó a tomar decisiones en cuanto que tipo de parámetros se pueden estudiar y cuales no es posible.
- Se ratifica que el PNN Las Orquídeas, constituye una de las estrellas hidrográficas más importantes de la cordillera occidental, lo que hace importante y necesario seguir de cerca el estado de las principales fuentes hídricas al interior del área protegida y en la zona con función amortiguadora.
- Conforme a las presiones existentes al interior del PNN Las Orquídeas, el Plan de monitoreo del recurso hídrico, orienta los lineamientos conceptuales y metodológicos, que se deben considerar para el seguimiento de la oferta, calidad y estado ecosistémico del recurso hídrico, enfocándose en el muestreo y análisis del agua en los lugares seleccionados.
- El plan de monitoreo es una herramienta para la generación de información sobre el estado de este importante recurso, al ser implementado, en el mediano y largo plazo, permitirá evaluar el impacto generado por actividades antrópicas sobre los ecosistemas de los cuerpos de agua al interior del área protegida.
- En el ajuste al plan de monitoreo se propone una red de monitoreo al recurso hídrico conformada por 19 estaciones de muestreo. Estas han sido seleccionadas con el fin de concretar información acerca de los posibles

focos de contaminación al interior del área protegida y compararlo con áreas donde no hay actividad antrópica que genere presión sobre las fuentes de agua. Se recomienda hacer seguimiento fotográfico de los lugares donde se tomen las muestras, reportar cualquier perturbación evidente al entorno y sobre el cuerpo de agua y de ser necesario, considerar la posibilidad de ajustar dicha estación si la perturbación identificada interfiere con el objetivo de muestreo para ese sitio

- Se recomienda que el monitoreo sea llevado a cabo, al menos 2 veces al año para cada sitio establecido en la red de monitoreo, con el fin de muestrear en los diferentes momentos hidrológicos a lo largo de todo el año.
- Se recomienda, complementar esta red de monitoreo con estaciones hidroclimatológicas que permitan estimar el balance hídrico de la zona de estudio (En el archivo anexo 5, se encuentra la hoja metodológica para la recolección de datos de precipitación, temperatura y humedad relativa, así como una propuesta de sitios para instalar estaciones meteorológicas).
- Se recomienda sobre todo para temporada de lluvia, verificar la viabilidad de la toma de muestras de agua, pues debe ser prioridad la integridad del personal, adicionalmente deben contar con todos los elementos de protección personal y de seguridad y de ser posible que tengan entrenamiento de salvamento acuático.
- Se recomienda capacitar y acompañar al personal del área protegida en la toma de muestras y adquisición de datos, así como en el almacenamiento de

estos en las bases de datos establecidas dentro de las hojas metodológicas para cada parámetro a medir.



## 10. Referencias

GARZON CASALLAS, Erika Nailleth. Caracterización de usos del recurso hídrico en el sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016.

COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1323 (19, ABRIL, 2007), Por la cual se crea el sistema de información de Recursos Hídricos. Bogotá D.C., 2007.

COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la gestión integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C., 2010.

HANNA INSTRUMENTS. Instrumentos de medición y control. Recuperado el 24, junio, 2017 de:

<http://www.hannacolombia.com/productos/multiparametro/multiparametros-portatiles/1591-medidor-multiparametrico-de-phorpceodpresiontemperatura>

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM,2004). Guía para el Monitoreo y Seguimiento del Agua. Bogotá D.C., 2004.

COLOMBIA, INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM, 2002). Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Bogotá D.C., 2002

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM,2013). Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la evaluación regional de Agua. Bogotá D.C., 2013.

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM,2013). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de indicadores ambientales de Colombia – Indicadores de calidad del agua superficial. Bogotá D.C., 2013. 12p

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM,2014). Implementación del Sistema de Información de Recursos Hídricos (SIRH). Bogotá D.C., 2014.

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM,2018). Protocolo de monitoreo del recurso hídrico para agua superficial continental. Bogotá D.C., 2018

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá D.C., 2019.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MINAMBIENTE). Resolución N° 054 (26,01,2007). Por la cual se

aprueba el Plan de Manejo del Parque Nacional Natural las Orquídeas. Bogotá D.C., 2007.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MINAMBIENTE). Decreto 3940 (25,10, 2010). Por la cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título IV- Parte III – Libro II del decreto- ley 2811 de 1972 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictara otras disposiciones. Bogotá D.C., 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MINAMBIENTE). Guía técnica para la formulación de planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH). Bogotá D.C., 2019.

ESTRADA URREA, Edgar Andrés. Modelación del servicio ecosistémico producción de agua (Oferta y Rendimiento hídrico), para las Microcuencas de interés en el contexto regional del Parque Nacional Natural Las Orquídeas. Medellín, 2019. Sin publicar.

ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL (OMM). Guía de prácticas Hidrológicas. N°168. Ginebra, Suiza, 2011.

ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL (OMM). Guía de Instrumentos y métodos de Observación Meteorológica (OMM-N° 8 Ed). Ginebra, Suiza, 2008.

ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL (OMM). Guía de prácticas Hidrológicas (Sexta Ed., Vol. 1). Ginebra, Suiza, 2011.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA (PNNC). Manual de monitoreo del sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá D.C., 2007.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA (PNNC). Plan de monitoreo del Recurso Hídrico Parques Nacionales Naturales las Orquídeas, Bogotá D.C., 2017.

PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA (PNNC). Plan de manejo del Parques Nacionales Naturales las Orquídeas, Bogotá D.C., 2019. Sin publicar

QUINTERO LEÓN, Luis Carlos. Informe final planeación del diseño, montaje y operación de la red de estaciones hidrológicas del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguies. Bucaramanga, 2010.

ROLDAN, G. Bioindicadores de la Calidad del Agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Medellín, Colombia: ciencia y tecnología (1<sup>ra</sup> Ed). 2003.

ROLDAN PEREZ, G.A. & RAMIREZ RESTREPO, J.J. Fundamentos de limnología Neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia. 2008. 234p.

SIERRA RAMIREZ. C.A., Calidad del agua, Evaluación y Diagnóstico. Medellín: Universidad de Medellín. 2011. 457p.

VILLEGAS, J.C., Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el departamento de Antioquia. Medellín: Universidad EIA. 2004. 73-79p.