

Análisis de la calidad del agua en el río Botello del municipio de Facatativá,  
Cundinamarca Colombia

TATIANA ALEJANDRA DUEÑAS RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
ECAPMA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ

2020



Análisis de la calidad del agua en el río Botello del municipio de Facatativá,  
Cundinamarca Colombia

TATIANA ALEJANDRA DUEÑAS RODRÍGUEZ

Trabajo proyecto aplicado para optar por el título de

INGENIERA AMBIENTAL

Directora Msc. Graciela Garzón Marín

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
ECAPMA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

FACATATIVA  
2020

### **Nota de advertencia**

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de julio de 1946: “La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado”

## **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis a mis profesores, que con esfuerzo y dedicación hicieron posible este proyecto. Dedico también este proyecto a mi familia por su apoyo incondicional y a Dios.*



---

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores, a la profesora Graciela Garzón por su dedicación, por su enseñanza y quien con sus conocimientos y apoyo me guío en cada una de las diferentes etapas del desarrollo de este proyecto.

Quiero agradecer a mis compañeros y mi familia, por apoyarme y animarme a salir adelante, a mis padres quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo me han ayudado a cumplir mi sueño, gracias por inculcarme el ejemplo de esfuerzo y responsabilidad.

# TABLA DE CONTENIDO

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1    Objetivo General .....	17
2.2    Objetivos Específicos.....	17
<b>3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	<b>18</b>
3.1    Recurso hídrico mundial .....	18
3.2    Recurso hídrico en Colombia.....	20
3.2.1    Índices de calidad de agua en Colombia.....	22
3.3    Indicadores fisicoquímicos.....	24
3.3.1    Oxígeno Disuelto (DO) .....	25
3.3.2    Sólidos Suspendidos Totales.....	26
3.3.3    Demanda Química de oxígeno (DQO):.....	27
3.3.4    Conductividad eléctrica (C.E):.....	27
3.3.5    pH: .....	28
3.3.6    Nitrógeno Total/Fósforo Total, NT/PT:.....	28
3.4    Rio Botello Facatativá (Cundinamarca).....	29
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>31</b>
4.1    Sitio de estudio.....	31
4.2    Georreferenciación.....	33
4.3    Puntos de muestreo .....	34
4.3.1    Toma de muestras.....	35
<b>5. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	<b>37</b>
5.1    Oxígeno disuelto .....	37
5.2    Potencial de Hidrogeno: pH.....	39
5.3    Conductividad eléctrica .....	42
5.4    Sólidos Suspendidos Totales (SST)}.....	43
5.5    Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	43
<b>6. DISCUSION</b> .....	<b>45</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>46</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>9. Bibliografía</b> .....	<b>48</b>
<b>10. Anexos</b> .....	<b>51</b>



## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Relación de la calidad del agua con el porcentaje de saturación de oxígeno ...	26
Figura 1. Ronda del Rio Botello, se identifica actividad de ganadería y al fondo empresa de flores. Fuente. Autores .....	32
Figura 2. A la izquierda de la imagen encontramos la ronda del Rio Botello y a la derecha los asentamientos urbanos. Fuente Autores.....	32
Figura 3. Empresa INDALPE dedicada a la elaboración de alimento para animales, ubicada al lado de la ronda del Rio Botello.....	33
Figura 4. Asentamientos urbanos y atrás cuenca media del Rio Botello. ....	33
Figura 5. Puntos de muestreo Cuenca alta y media, Rio Botello, Facatativá (Cundinamarca). ....	34
Figura 6. Toma de muestra in situ. Fuente: Autores.....	36
Figura 7. Resultados fisicoquímicos del Rio Botello (Facatativá – Cundinamarca).....	37
Figura 8. Concentración de Oxígeno disuelto con respecto a la temperatura. Cuenca alta Rio Botello Facatativá (Cundinamarca).....	38
Figura 9. Concentración de Oxígeno disuelto con respecto a la temperatura. Cuenca Media Rio Botello Facatativá (Cundinamarca).....	38
Figura 10. Resultados promedio de pH de la cuenca Alta y Media del Rio Botello, Facatativá (Cundinamarca) .....	39
Figura 11. Índice de pH - ICOpH.....	41
Figura 12. Relación de conductividad entre cuenca alta y media del rio Botello, Facatativá (Cundinamarca) .....	42
Figura 13. Ponderación de cada variable .....	44
Figura 14. Calificación de índice de calidad de cuenca alta y media Rio Botello. ....	44
Figura 15. Calificación de la calidad del agua según los valores del ICA .....	44

## Resumen

El río Botello ubicado en el municipio de Facatativá (Cundinamarca) hace parte de los afluentes del río Bogotá, el cual está caracterizada por ser la principal fuente de abastecimiento del municipio pero también se caracteriza por los impactos asociados a los diferentes usos del territorio como las actividades agropecuarias, industriales y residenciales, afectando en gran medida sus propiedades fisicoquímicas de las cuales no se tienen estudios recientes de su estado, es por ello que mediante este trabajo se tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua del río Botello del municipio de Facatativá. Para el desarrollo de este proyecto, se midieron los parámetros fisicoquímicos in situ de PH y conductividad eléctrica (CE) y adicional se llevaron muestras al laboratorio para la determinación de los siguientes parámetros: temperatura, Oxígeno Disuelto (OD), Solidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) con respecto a la cuenca alta y media del río Botello ubicadas en la vereda la Tribuna, donde se realizaron muestreos quincenales durante cuatro meses (Marzo – Junio 2019). Cada cuenca fue dividida en tres transectos ~100 m, en el cual se tomaron las muestras respectivas de pH y conductividad eléctrica, para tomar los valores correspondientes, donde se pudieron registrar valores de pH promedio de 5.5 y de CE de 4.60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Según los datos obtenidos por las muestras hechas in situ y los resultados del laboratorio, el análisis demostró que la cuenca alta el agua esta moderadamente contaminada y en la cuenca media el agua está muy contaminada, esto refleja la influencia de las variables ambientales sobre la disponibilidad de los recursos.

**Palabras clave:** impacto ambiental, índices de calidad de agua, contaminación, vertimientos.

## **Abstract**

The Botello river located in the municipality of Facatativá (Cundinamarca) is part of the tributaries of the Bogotá river, which is characterized by the main source of supply for the municipality but is also characterized by the impacts associated with the different uses of the territory such as activities agricultural, industrial and residential, greatly affecting its physical and chemical properties, of which there are no resident studies of its state, which is why, through this work, the main objective was to evaluate the quality of the water of the Botello river in the municipality of Facatativá. For the development of this project, the physicochemical parameters of pH and electrical conductivity (CE) were measured in situ and additional samples were detected at the laboratory for the determination of the following parameters: temperature, Dissolved Oxygen (DO), Total Suspended Solids (TSS) ) and Chemical Oxygen Demand (COD) with respect to the upper and middle basin of the Botello River located in the village of La Tribuna, where biweekly samples are shown for four months (March - June 2019). Each basin was divided into three transects ~ 100 m, in which the respective samples of pH and electrical conductivity were taken, to take the corresponding values, where average pH values of 5.5 and EC of 4.60  $\mu\text{S} / \text{cm}$  were recorded. According to the data selected by the samples made in situ and the laboratory results, the analysis showed that the upper basin the water is moderately contaminated and in the middle basin the water is highly contaminated, this reflects the influence of environmental variables on availability of the resources.

**Key words:** environmental impact, water quality indices, pollution, environmental impact, discharges.

## 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por el estado del medio ambiente comenzó en la década de los años sesenta, en consecuencia a la toma de conciencia sobre el estado de los recursos y su relación con el bienestar del ser humano, las diferentes formas de contaminación, la polución, la disminución de recursos renovables, la crisis energética, la sobrepoblación del planeta, entre otros, son uno de los miles de motivos que conllevan a la preocupación de la sociedad y/o de ciertas personas que quieren un cambio para la preservación y mejora del medio ambiente; es así como el recurso hídrico se convierte actualmente en la mayor preocupación de la sociedad, por un lado por la escasez y por otro lado por el déficit de sus índices de calidad y la desigualdad para el acceso a este recurso. El agua hoy en día se constituye como un tema político en muchas sociedades, ya que de esta depende la subsistencia y el desarrollo de muchas sociedades (Navarro, 2004).

Es así, como en Colombia durante la década de 1990 era considerado como el cuarto país con el mayor volumen de agua después de la Unión Soviética y “su rendimiento promedio era de 60 L/km<sup>2</sup>, lo que era seis veces mayor que el rendimiento promedio mundial y tres veces el de Suramérica” (Lopez & al.), El panorama actual es completamente diferente. La cantidad de agua se ha reducido y la calidad del agua en el país es inferior, su mayor causa se produce por la deforestación, esta situación involucra directamente a los ecosistemas acuáticos y terrestres, casi depende de ello Toda la vida de la tierra por ello, Colombia ha tenido que adaptarse a los Objetivos de desarrollo Sostenible (ODS) mundiales y proponer una agenda para cumplir la mejora de los diferentes objetivos para el año 2030.

Para el municipio de Facatativá (Cundinamarca), el río Botello constituye una parte fundamental del municipio, ya que es quien abastece a la comunidad y es uno de

los afluentes del río Bogotá, pero este recurso se ha visto afectado por los diferentes usos que se le han dado y por la falta de interés a nivel municipal de crear estrategias para hacer cumplir las resoluciones y leyes que se han implementado para la protección de este recurso. Es por ello, que en el desarrollo de este trabajo investigativo se evaluarán los diferentes parámetros fisicoquímicos fundamentales como pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y temperatura, con el fin de hacer un análisis comparativo entre la cuenca alta y media el cuerpo de agua y determinar cómo su índice de calidad de agua (ICA) varía de una cuenca a otra y cómo las diferentes actividades realizadas a sus alrededores afectan su calidad y aumentan su grado de contaminación.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Analizar la calidad del agua en el Rio Botello, municipio de Facatativá, Cundinamarca – Colombia

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos en el rio Botello, municipio de Facatativá, Cundinamarca – Colombia
- Evaluar la calidad del agua del rio Botello a partir del valor obtenido para el índice de Calidad de Agua ICA de seis variables

### **3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1 Recurso hídrico mundial**

A través de los años se ha hablado sobre convenios, foros declaraciones y tratados a nivel mundial, sobre la importancia de proteger y hacer valer los derechos humanos de las vidas actuales y las futuras, para lo cual es imprescindible la defensa de las fuentes hídricas, ya que no solo es un derecho fundamental sino también porque la escasez de agua afecta aproximadamente a más del 40% de la población mundial, este porcentaje podría aumentar si no tomamos las acciones necesarias, es por ellos que se han establecido iniciativas a nivel internacional con el fin de esclarecer principios y mecanismos adecuados y reguladores para el uso eficiente del manejo hídrico (Naciones Unidas, 2015).

Los primeros tratados los podemos evidenciar en la DECLARACION DE DUBLIN la cual fue emitida en la “conferencia internacional sobre el agua y el Medio Ambiente” en el año 1992 y la Declaración de San José emitida en la Conferencia sobre evaluación y estrategias de gestión de recursos hídricos en América Latina y el caribe de 1996, a estos también se le unen las iniciativas desde organizaciones no gubernamentales como lo son la Carta de la Tierra y el tratado de Agua Dulce, los cuales fueron emitidos en la Cumbre de la Tierra que se desarrolló en Rio de Janeiro (Brasil) en el año 1992: años después se realizó un encuentro de representantes de Centroamérica con el fin de consolidar el primer tribunal latinoamericano del agua, allí surgió la Declaración Centroamericana del agua, finalmente en el año 2010, por medio de la resolución 64/292 del 28 de julio de 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho humano al agua y el saneamiento.



Para el año 2012 en la cumbre de la tierra de Rio en el 2012 se dio apertura dentro de la Asamblea General de la ONU un grupo de trabajo para desarrollar unas propuestas de objetivos y metas sobre desarrollo sostenible, es así como nace los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como un llamado a el mundo para implementar acciones que pongan fin a la pobreza, a proteger el planeta y mejorar la calidad de vida y la perspectivas de las personas a nivel mundial, para lo cual se aprobaron 17 objetivos para el desarrollo sostenible, el cual formula un plan para el cumplimiento de los objetivos en 15 años (Naciones Unidas, 2015).

En el desarrollo de estos años lo que se ha buscado es mejorar cada uno de los objetivos de Desarrollo Sostenible y adaptarlos a cada país, pero uno de los más importantes y de los que más se tiene preocupación sin desprestigiar los demás, es el objetivo 6. Agua Limpia y saneamiento, esta es una necesidad básica la cual todos los seres humanos deberían tener derecho, pero es algo que en la actualidad muchos países no tienen y existen millones de personas a nivel mundial principalmente en áreas rurales que carecen de estos servicios básicos.

En la actualidad 3 de cada 10 personas carecen del acceso a servicios de agua potable, aproximadamente el 80% de mujeres y niñas son las encargadas de hacer la recolección de agua para sus hogares, la escasez de agua afecta aproximadamente al 40% de la población mundial, el 80% de aguas residenciales o domesticas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, “aproximadamente el 70% de todas las aguas extraídas de los ríos, lagos y acuíferos se utilizan para el riego” (Naciones Unidas, 2015), por ello la Organización de las Naciones Unidas (ONU) propuso una serie de metas para que puedan ser cumplidas totalmente para el año 2030, dentro de las metas se propone: lograr el acceso universal y equitativo de agua potable, mejorar la calidad del agua controlando la

---

contaminación, los vertimientos y minimizando la disposición de productos químicos y materiales peligrosos, con el fin de mejorar el porcentaje de aguas residuales sin tratamiento, además de aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos y de sostenibilidad de abastecimiento de agua para todas las personas, estos son algunas de las metas propuestas por la ONU para el año 2030 en la cual todos los países deben adaptarse mediante estrategias y trabajos propios de cada país con el fin de lograr los objetivos para el año correspondiente.

### **3.2 Recurso hídrico en Colombia**

Para Colombia adaptarse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible expuesto por la ONU, es un gran reto, ya que cada uno de los objetivos en nuestro país tienen varias falencias que son imprescindibles priorizarlas, estudiarlas y mejorarlas, para el caso del Objetivo No 6: "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos", el país tiene tres problemas fundamentales, el primero se basa en que los centros poblados y las zonas rurales no tienen una buena gestión sostenible del agua y saneamiento básico e higiene, esto se debe a que la cobertura de acueducto en el país cuenta con un porcentaje de cobertura solo del 90% para el año 2010, para el año 2016 esta cobertura se encuentra en un 92.3%, estos porcentajes no son malos, sin embargo, son muy inferiores con respecto a los porcentajes de cobertura que presenta América Latina donde su promedio es del 94%; además de la cobertura también se presentan diferencias significativas entre la cobertura urbana (97.3%) y la cobertura rural (74.2%), por ello Colombia tiene un reto bastante grande y es generar el 100% de la cobertura para el año 2030, pero esto no es posible si no se garantiza una continuidad de prestación de servicio de acueducto eficiente, ya que para el 2016 se evidenció que el 72.8% de la población recibió su servicio de acueducto de forma

---

continúa, pero quiere decir que un 27.7% de la población no goza de este beneficio (Herrero & et. al., 2018)

Otro reto que enfrenta Colombia es mejorar el servicio de acueducto que prestan a nivel nacional, aproximadamente 24 departamentos del país se suministra agua con algún riesgo para consumo humano, para el año 2016 se suministró agua con un Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) entre alto medio y bajo, allí las diferencias más representativas se encontraban entre el área Rural y urbana, ya que el IRCA Urbano presentaba un riesgo bajo, mientras en el área Rural el riesgo de enfermarse por agua de mala calidad es más alto. Es fundamental tener en cuenta que según el instituto nacional de salud solo el 15.6% de los departamentos no tienen riesgos para el consumo de agua, si bien, en este sentido es indispensable que se mejoren los sistemas de tratamiento de agua y se trabaje para la protección y gestión de riesgos en abastecimiento de agua, aunando esfuerzos en reducir aquellas actividades que la deterioran como la minería, las actividades agropecuarias, los vertimientos entre otros, esto con el objetivo de poder cumplir con la agenda establecida para el año 2030 (Herrero & et. al., 2018).

El último pero no menos importante reto al que se enfrenta Colombia, tiene que ver con los esquemas de producción agrícola, aproximadamente el 37% de la oferta hídrica pertenece al departamento de la amazonia seguido por la Orinoquia, pero la cantidad de agua utilizada para fines agrícolas es de más de 16.000 mm<sup>3</sup> y para los recursos energéticos se utilizan aproximadamente 8.000 mm<sup>3</sup>, Colombia se enfrenta al reto de poder promocionar mejor el uso eficiente del agua para la producción de alimentos con menor cantidad de agua, aunque su uso es proporcional al crecimiento de la población, es necesario reducir su uso en zonas donde hay mayor escasez con el fin de poder preservar los ecosistemas (Herrero & et. al., 2018).

### 3.2.1 Índices de calidad de agua en Colombia

Para poder saber cómo se originaron los Índices de Calidad de agua en Colombia es fundamental hablar de sus antecedentes los cuales fueron originados por Horton en 1965 y Liebman en 1969, pero estos estudios solo fueron aceptados hasta después de los años setenta, poco después el índice general de calidad del agua fue desarrollado por Brown en 1970 y mejorado por Deininger para la academia Nacional de Ciencias en los Estados Unidos (1975), durante esa década se hicieron varios estudios que se basaron en la metodología Delphi como el NSF o también llamado The National Sanitation Foundation, que en español es conocido como ICA y es uno de los más utilizados en el mundo.

Desde 1978 hasta 1994 se establecieron varias revisiones de literatura de los ICA desarrollados para dar nuevos enfoques a los estudios y proporcionar nuevas herramientas para las investigaciones, para Latinoamérica estos índices se han visto con mayor auge en México siendo el índice INDIC-SEDUE uno de los primeros en ser aplicados y desde entonces la dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE) lo ha ido adaptando y modificando, los países que integran la Comunidad Andina (CAN) han elaborado metodologías basadas en variables de aguas subterráneas, superficiales y costeras, en Chile se utiliza el indicador ICA-NSF y el modelo desarrollado en Cuba que incluye la conductividad eléctrica cloruros y el nitrógeno amoniacal, en Chile se utiliza el ICA- extendido y el ICA- simplificado, con el fin de tener en cuenta los parámetros representativos del uso del agua y a la minimización de los costos de análisis (Samboni Ruiz & et al, 2007).

---

“En Colombia, de acuerdo con el estudio nacional del agua (IDEAM, 2000), la medición de parámetros físico - químicos es una actividad rutinaria. Sin embargo, no ha sido así el cálculo de índices de calidad del agua, aunque; estos están siendo aplicados regularmente en la industria del petróleo y algunas Corporaciones Autónomas Regionales, en las ciudades de Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Cali y Manizales, estimando los ICA e ICO en sus programas de monitoreo.” (Samboni Ruiz & et al, 2007)

Para el año 2002, diferentes entidades del país han conformado el Sistema de Información Ambiental Colombiano, en donde se basaron en varios autores que han desarrollado la base de los indicadores ambientales en este caso 14 indicadores, los cuales 3 indicadores corresponden a la oferta hídrica, dos a la sostenibilidad del recurso, seis a la calidad del agua dulce y tres ICA asignadas para las aguas marinas y costeras, pero a pesar de todo esto, algunos de estos indicadores en Colombia en especial a los relacionados con la calidad del agua, apenas están planteados, por la poca cantidad de recolección de datos.

Sin embargo, hay que recalcar la importancia de los estudios y el trabajo realizado por la Corporación Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Universidad del Valle, quienes gracias a la realización de su proyecto sobre la caracterización y modelación matemática del Río Cauca desarrollaron el índice de Calidad del Río Cauca denominado Icauca, el proyecto logro considerar 10 variables importantes como: pH, OD, Color, Turbiedad,  $DBO_2$ , Nitrógeno total, ST, SST, y coliformes fecales (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, 2017).

Los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio de parámetros físicos y químicos en la microcuenca del río Botero en Facatativá determina las emisiones contaminantes generadas por las actividades presentes dentro del ámbito agrícola, ganadero, industrial y

---

familiar. Estos resultados son del Instituto de Hidrometeorología y Estudios Ambientales-IDEAM, bajo el convenio citado en el método estándar Inspección de agua y aguas residuales.

### **3.3 Indicadores fisicoquímicos**

El recurso hídrico es uno de los recursos naturales más importantes del planeta ya que no solo abastece al ser humano si no que es utilizado para muchas actividades naturales y antrópicas, sin embargo, esta fuente hídrica se ha visto altamente afectada por actividades y sustancias que son difíciles de controlar, por eso desde los dos últimos siglos se han estudiado diferentes métodos para evaluar el índice de contaminación con el fin de detectar impactos, causas y sustancias presentes en el recurso, a través del estudio parámetros químicos, físicos y biológicos.

“La ventaja de los métodos físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en el agua.” (Samboni Ruiz & et al, 2007), además dentro de estos parámetros se pueden encontrar más de 30 índices, que se agrupan en diferentes categorías como: contaminación por materia orgánica e inorgánica, sustancias suspendidas y disueltas, eutrofización, entre otras, también muestran resultados que permiten resolver diferentes tipos de conflictos como el uso del agua y su integridad ecológica que involucran aspectos socioeconómicos, es por ello que los cálculos del ICA (Índices de Calidad del Agua) son herramientas importantes ya que involucra más de una variable y ayudan al desarrollo de una buena investigación de calidad del agua.

### 3.3.1 Oxígeno Disuelto (DO)

Las concentraciones de Oxígeno Disuelto son fundamentales en el control de la contaminación de aguas naturales y también en el proceso de tratamiento de aguas residuales, el Oxígeno Disuelto es fundamental para la respiración de microorganismos y formas de vida aerobia, las concentraciones de éste dependen de las características fisicoquímicas del cuerpo de agua y las actividades bioquímicas de los organismos en los cuerpos de agua, su concentración se mide en miligramos por litro (mg/L), el cual puede variar en función de los parámetros de temperatura y oxígeno (IDEAM - Instituto de Hidrología, 2004).

Esta variable es fundamental para determinar la posible existencia y preservación de especies acuáticas, y se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto de la siguiente manera:

$$PS_{OD} = \frac{Ox * 100}{C_p}$$

Para lo cual tenemos que,

Ox= Oxígeno disuelto medido (mg/L) que está asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

Cp= Concentración de equilibrio de oxígeno (mg/L) u oxígeno de saturación

Para la concentración de equilibrio de oxígeno se determina mediante la siguiente ecuación

$$\ln C^* = -139.3441 + (157570.1/t) - (66423080/t^2) + (12438000000/t^3) - (862194900000/t^4)$$

El porcentaje de saturación de oxígeno muestra el nivel de oxígeno disuelto requerido para el desarrollo de organismos acuáticos. Este parámetro está determinado por la relación entre la temperatura regional y la presión del aire. Mediante la determinación del porcentaje de oxígeno podemos evidenciar en qué rango se encuentra la Demanda de oxígeno del cuerpo de agua como se muestra a continuación:

Nivel de DO	Porcentaje de saturación de DO	Consecuencias
Supersaturación	$\geq 101\%$	Sistemas en producción fotosintética
Excelente	90% - 100%	Porcentajes adecuados para el desarrollo de vida de especies acuáticas y otros organismos.
Adecuado	80% - 89%	Desaparición de organismos y especies sensibles.
Aceptable	60% - 79%	
Pobre	< 60%	Muerte masiva de organismos aerobios

Figura 1. Relación de la calidad del agua con el porcentaje de saturación de oxígeno

### 3.3.2 Sólidos Suspendidos Totales

Son definidos como aquellos sólidos suspendidos o material particulado que no es retenido en un proceso de filtrado lo que permite asociar la presencia de vertimientos de procesos industriales, residuos de escorrentías, procesos erosivos, disposición de material sólido, entre otros. La concentración de estos sólidos se mide en miligramos por litro (mg/L) con lo que se puede evaluar la calidad de agua dispuesta para consumo humano en las zonas urbanas y rurales con acceso al cuerpo hídrico en estudio, la ecuación con la que se puede determinar dicho parámetro es el siguiente:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot SST)$$



---

Donde,

SST=sólidos suspendidos totales

Si  $SST \leq 4,5$  Entonces  $ISST = 1$

Si  $SST \geq 320$  Entonces  $ISST = 0$

### 3.3.3 Demanda Química de oxígeno (DQO):

Se define como la presencia de sustancias químicas susceptibles a la oxidación, dadas las condiciones de tiempo, temperatura y condiciones de pH, estas pueden ser de origen orgánico e inorgánico. La cantidad de oxidante consumido es expresado en términos de equivalencia de oxígeno, la concentración de este componente se expresa en miligramos por litro de oxígeno ( $\text{mg/L O}_2$ ).

Para analizar la variable de DQO se utilizan los siguientes parámetros

Si  $DQO \leq 20$  Entonces  $I_{DQO} = 0,91$

Si  $20 < DQO \leq 25$  Entonces  $I_{DQO} = 0,71$

Si  $25 < DQO \leq 40$  Entonces  $I_{DQO} = 0,51$

Si  $40 < DQO \leq 80$  Entonces  $I_{DQO} = 0,26$

Si  $DQO > 80$  Entonces  $I_{DQO} = 0,125$

### 3.3.4 Conductividad eléctrica (C.E):

Se establece como la medida de la propiedad que posee el agua para conducir corriente eléctrica que depende de la presencia de iones, este parámetro puede variar por factores como concentración, movilidad, valencia y temperatura, con este se permite evaluar la

---

mineralización de material ligado a la suma de cationes y aniones. La concentración se expresa en micromhoms por centímetro (IDEAM, 2006), como lo evidenciamos en la siguiente:

$$I.C.E. = 1 - 10^{(-3,26+1,34\log 10C.E.)}$$

Por lo que,

Si  $I.C.E. < 0$  (*negativo*) Entonces  $I.C.E. = 0$

### 3.3.5 pH:

Permite medir la acidez del recurso y determinar con ello la afectación del uso del recurso en las actividades económicas desarrolladas. La medición de este parámetro se determina mediante la relación entre el número de protones (H<sup>+</sup> - iones) y el número de iones hidróxido (OH<sup>-</sup>), se mide en un rango de 0 a 14 en donde las unidades menores a 7 se consideran soluciones ácidas, las unidades iguales a 7 son básicas o neutras y las unidades mayores a 7 se consideran alcalinas. (LONDOÑO CARVAJAL & al, 2010)

### 3.3.6 Nitrógeno Total/Fósforo Total, NT/PT:

Permite la medición de deterioro causadas por las actividades antrópicas sobre el recurso en estudio y el balance de nutrientes para desarrollo de producción acuícola. El Nitrógeno se determina por la relación de suma de todas las formas de nitrógeno encontrado en el cuerpo hídrico, este componente se expresa en miligramos por litro de oxígeno (mg/L) (Gonzalez Ramirez, 2017)

Si  $15 \leq NT/PT \leq 20$  Entonces  $I_{NT/PT} = 0,8$

---

Si  $10 < NT/PT < 15$  Entonces  $INT/PT = 0,6$

Si  $5 < NT/PT \leq 10$  Entonces  $INT/PT = 0,35$

Si  $NT/PT \leq 5$  o  $NT/PT > 20$  Entonces  $INT/PT = 0,15$

### **3.4 Río Botello Facatativá (Cundinamarca)**

#### Geografía

El municipio de Facatativá se encuentra ubicado geográficamente  $4^{\circ}45'25''$  latitud norte y  $74^{\circ}21'0''$  latitud norte y  $74^{\circ}21'0''$  longitud oeste, a 36 Km del occidente de Bogotá D.C., tiene una extensión total de 158 Km<sup>2</sup> aproximadamente en la cual 6 Km<sup>2</sup> pertenece a la zona urbana y el resto corresponde a la zona rural. Facatativá cuenta con un clima bimodal presentándose en el año dos temporadas de lluvia que comprende los meses de marzo a junio y el otro se ubica entre los meses de septiembre a diciembre y la siguiente temporada corresponden a los climas secos en el cual encontramos los meses de julio a septiembre y los meses de diciembre a enero, aunque estos datos pueden variar por los fenómenos atmosféricos que se presentan actualmente. (Vega Mendoza, 2011)

#### Hidrografía

En lo que respecta al recurso hídrico del municipio, una de sus principales fuentes hídricas es el río Botello cuenta con un recorrido aproximado de 25Km y una extensión de 189 Km<sup>2</sup> que se localiza en los diferentes municipios como Madrid, Bojacá, Mosquera y Facatativá, el río Botello nace en el Cerro Peñas del Aserradero ubicado en la vereda la Tribuna, la cabecera del municipio de Facatativá se abastece principalmente de este río, que está siendo afectado por diferentes actividades antrópicas, resaltando actividades de deforestación, actividades agropecuarias, crecimiento de urbanizaciones, aumento de

vertimientos sin control y de residuos sólidos, entre otras muchas. (Paiba & Monroy Avila, 2015).

Según la resolución 0973 de 25 de mayo de 2015 expuesto por la CAR, en el cual se determina la zona de protección del río Botello, el cual determina lo siguiente:

“Uso principal: Protección integral de los recursos naturales.

Usos compatibles: Recreación contemplativa, rehabilitación ecológica e investigación controlada

Usos condicionados: Agropecuarios tradicionales bajo régimen de gradualidad hasta su prohibición en un máximo de tres (3) años, aprovechamiento persistente de productos forestales secundarios para cuya obtención no se requiera cortar los árboles, arbustos o plantas; infraestructura básica para usos compatibles, vías y captación de acueductos.

Usos prohibidos: Agropecuarios intensivos, industriales, minería, urbanización institucional y otros usos y actividades, como la quema, tala y caza que ocasionen deterioro ambiental.” (Corporación Autónoma Regional - CAR, 2015). Además de ello mediante la misma resolución se determina la infraestructura necesaria para la prestación de los servicios públicos previa autorización de la CAR y deja esclarecido las zonas de alto riesgo mitigable, donde bajo ninguna circunstancia se permitirá la continuidad de actividades económicas, los asentamientos y la ocupación de predios localizados en zonas de alto riesgo, aquellos habitantes que sean propietarios de y poseedores de inmuebles localizados en la ronda del Río Botello deberán implementar actividades de paisajismo orientados a la recuperación en materia ambiental.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Sitio de estudio

Para el desarrollo de esta investigación se escogieron tres puntos estratégicos en la cuenca alta del río y tres puntos en la cuenca media, pertenecientes a la vereda la tribuna y los Manzanos del municipio de Facatativá, con el fin de hacer una comparación de resultados entre cada uno de los puntos.

Para el desarrollo de esta investigación se realizó un estudio para el acercamiento al área de trabajo, para ello fue indispensable evaluar las problemáticas encontradas en diferentes documentos y referencias bibliográficas que nos amplía la información de la zona de estudio, por otra parte, se hace un recorrido por la ronda del Río Botello acompañados de profesores y estudiantes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, habitantes del municipio de Facatativá y guías que conocen el sector, que por lo general son personas que viven cerca de la ronda del Río Botello y hacen parte de las Asociaciones de las veredas a las cuales pertenece el río, este proceso de recorrer la ronda del río Botello desde donde nace hasta donde termina es el estudio más práctico para el conocimiento de la zona, dentro de las problemáticas presentadas se tienen aspectos físicos como: sedimentación y relleno de humedales, excesivo uso de agua subterránea, falta de riego y agua para los habitantes de la zona, con respecto a lo que tiene que ver con saneamiento básico encontramos problemáticas como: baja cobertura de alcantarillado y aguas residuales e industriales en las áreas rurales, que afectan la calidad del agua, además de ello el ecosistema se ha visto

afectado por la actividades de ganadería y cultivos, el uso de suelo es el inadecuado, la siembra de bosques foráneos y especies introducidas, mezcla de agua de nacederos con aguas residuales y la presencia de asentamiento poblacionales pertenecientes a la ronda del río de las veredas La Tribuna, Los Manzanos, Chapinero Alto y parte de la Selva.



*Figura 1. Ronda del Rio Botello, se identifica actividad de ganadería y al fondo empresa de flores. Fuente. Autores*



*Figura 2. A la izquierda de la imagen encontramos la ronda del Rio Botello y a la derecha los asentamientos urbanos. Fuente Autores.*



*Figura 3. Empresa INDALPE dedicada a la elaboración de alimento para animales, ubicada al lado de la ronda del Río Botello*



*Figura 4. Asentamientos urbanos y atrás cuenca media del Río Botello.*

## **4.2 Georreferenciación**

No solamente es fundamental un sitio de estudio, sino también tomar los puntos de coordenadas de la zona para tomar los puntos exactos de la toma de muestras, para ello, capturamos los datos de georreferencia con un GPS (Marca Garmin) que nos suministró la UNAD de la sede José Celestino Mutis, allí se fijaron las coordenadas de los tres puntos de la cuenca alta y los tres puntos de la cuenca media con una distancia de ~100 m entre cada punto. (Ver Figura 1).



Figura 5. Puntos de muestreo Cuenca alta y media, Río Botello, Facatativá (Cundinamarca). Fuente: Autores.

Para analizar las variables fisicoquímicas en cuanto a cantidad y calidad de agua se tomo como base el “Sistema de Indicadores Hídricos” que en Colombia el IDEAM “pretenden responder a los cuestionamientos sobre la disponibilidad del recurso y las restricciones por afectaciones a la oferta o a la calidad”, por ello las variables que aquí se estudian tienen la finalidad de determinar las afectaciones de las diferentes actividades humanas sobre el recurso hídrico, dentro de ellos contemplamos variables como: materia orgánica, acidez, pH, Oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, DQO, Fosfatos y solidos suspendidos, todos ellos conforman los parámetros de indicación de calidad (ICA). Los cuales se evaluaron para el presente proyecto.

### 4.3 Puntos de muestreo

Para los puntos de muestreo del río Botello realizados en la vereda La Tribuna y Los Manzanos respectivamente, los puntos se determinaron teniendo en cuenta las unidades



de coberturas apoyados del programa Google Earth, donde se evidencia los usos productivos del suelo como actividades relacionados con la ganadería, cultivos transitorios como: papa, arveja, maíz, hortaliza y algunos cultivos permanentes como: fresa; actividades industriales, asentamientos poblacionales, coberturas naturales y silvicultura, por lo que se puede inferir el gran impacto de las actividades humanas sobre en el ciclo hidrológico, la conservación de los recursos, los ecosistemas y las áreas de la ronda hídrica.

#### 4.3.1 Toma de muestras

Ya establecidos los puntos de muestreo, se realizaron las visitas de campo cada 15 días durante un periodo de 4 meses para determinar los parámetros fisicoquímicos de la zona, del cual se beneficia del régimen bimodal y se pudieron tomar muestras integradas en cuenca alta y media tanto en época de sequía como en época de lluvia, en cada una de los puntos de la cuenca se realizó un muestreo in situ de las variables de pH Y Conductividad, los elementos utilizados fueron suministrados por los laboratorios multipropósito de la UNAD sede José Celestino Mutis, contamos con un pHmetro y un conductímetro.

Las muestras que aquí se tomaron de forma integrada para evaluar su composición promedio a lo largo y ancho y profundo del cuerpo de agua, lo que nos permite una evaluación más amplia de los indicadores de Calidad.



*Figura 6. Toma de muestra in situ. Fuente: Autores.*

Para los parámetros fisicoquímicos faltantes se tomaron las debidas muestras en frascos estériles para su posterior análisis en el laboratorio, con el fin de establecer los subíndices de cada una de las variables involucradas en la determinación del ICA, siguiendo la metodología del IDEAM (IDEAM, 2020), en este caso la base de las técnicas analíticas descritas para cada parámetro es el “Standard Methods for the examination of water and wastewater” de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF)., tomado por el laboratorio ASINAL S.A.S. acreditado bajo la NTC-ISO/IEC-17025-2005 mediante resolución No 2456 del 2017, la cual se muestra en el (anexo 1 y 2) de este documento.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Después de hacer los estudios pertinentes en los sitios de muestreo, se evalúan, las variables de Ph, conductividad, DBO, DQO, oxígeno disuelto, solidos suspendidos totales, Nitrógeno Total/Fosforo Total, además de ello se interpretan los parámetros establecidos en el presente estudio, es por esto que se presentaran las tablas y resultados asociados al estudio de la Cuenca Alta (CA) y Cuenca Media (CM).

Variables	Unidades	Cuenca Alta (CA)	Cuenca Media (CM)
		Valor	Valor
Temperatura	°C	12,8	13,8
pH	Unidades	6,54	6,41
Conductividad eléctrica	US/cm	23,6	38,93
turbidez	NTU	2	1.98
DQO	mg/L	<40	<40
Fosfatos	Mg/L	<0.1	<0.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<2.5	<2.5

Figura 7. Resultados fisicoquímicos del Río Botello (Facatativá – Cundinamarca)

### 5.1 Oxígeno disuelto

La medición de la concentración de Oxígeno disuelto (OD) se determina por miligramos por litro (mg/L) o también definirse como la cantidad de oxígeno que puede tener el agua en una temperatura determinada y también es conocida como porcentaje de saturación, según Paiba & Monroy el Oxígeno Disuelto en aguas frescas oscilan entre los 15 mg/l a 0°C y 8 mg/l a 25°C, para aguas no contaminadas por lo general deben encontrarse en una rango menor a 10 mg/l (Paiba & Monroy Avila, 2015). En la figura 3 Cuenca Alta y la figura 4. Cuenca Media podemos observar la concentración de OD con respecto a la temperatura:

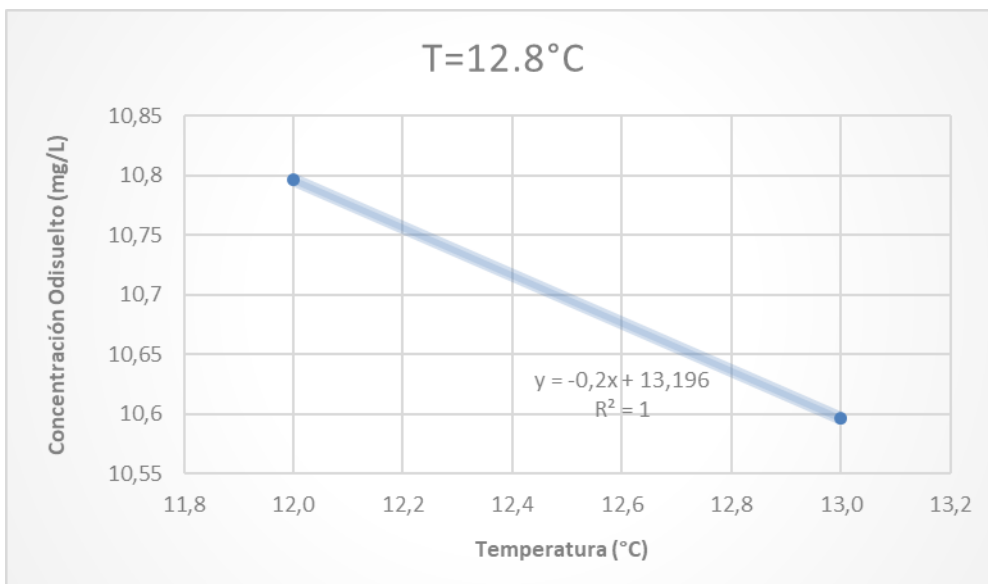


Figura 8. Concentración de Oxígeno disuelto con respecto a la temperatura. Cuenca alta Rio Botello Facatativá (Cundinamarca)

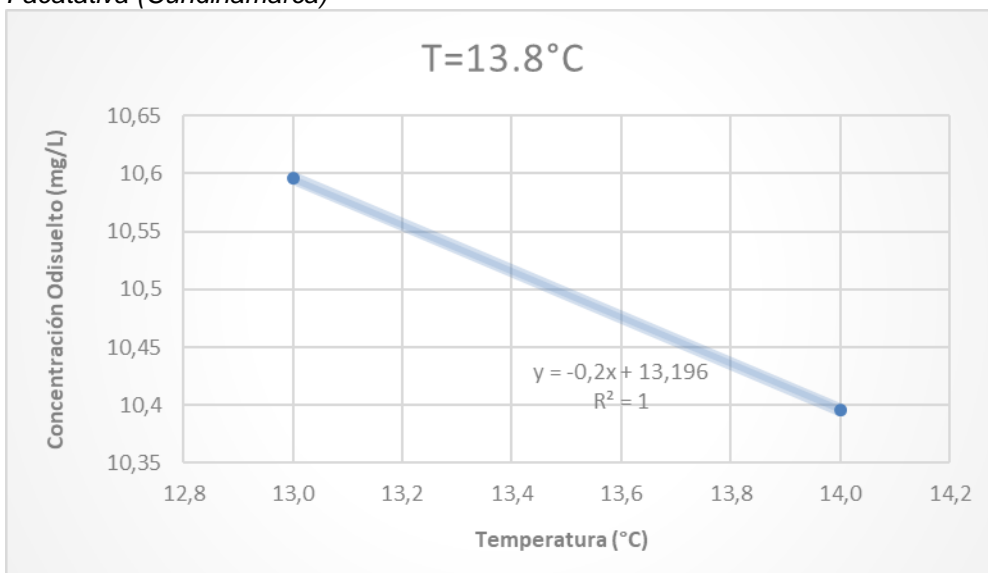


Figura 9. Concentración de Oxígeno disuelto con respecto a la temperatura. Cuenca Media Rio Botello Facatativá (Cundinamarca)

Como se observa en las anteriores figuras, cuando aumenta la temperatura se evidencia una disminución de la cantidad de óxido disuelto en el agua, pero para cada una de estas su concentración es la más adecuado por lo cual podemos decir que el agua está 100%

saturada de oxígeno, encontrándose dentro de los rangos buenos de concentración de oxígeno disueltos ya que el OD (mg/L) se encuentra entre 8 – 12 siendo adecuada para la vida de las especies y organismos que la habitan. (Posada, Mojica, Pino, Bustamante, & Monzon Pineda, 2013)

## 5.2 Potencial de Hidrogeno: pH

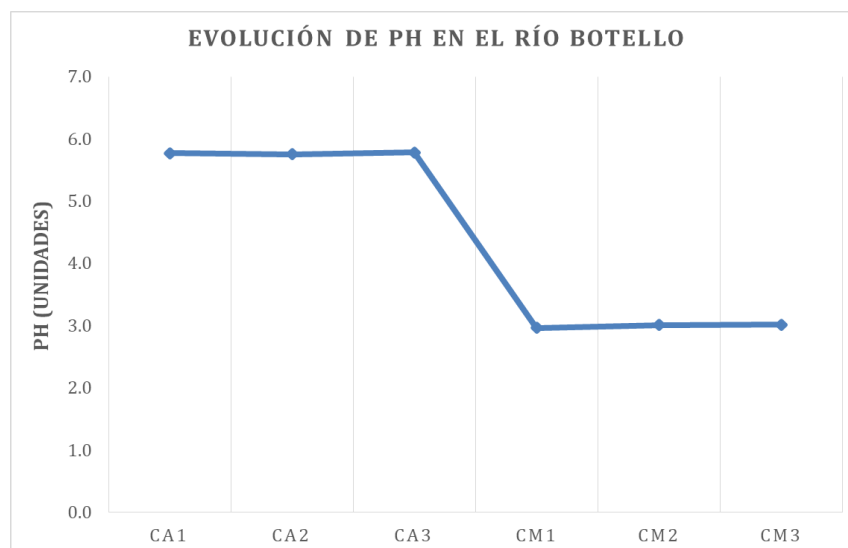


Figura 10. Resultados promedio de pH de la cuenca Alta y Media del Rio Botello, Facatativá (Cundinamarca)

En esta figura se puede observar la evolución del pH en el Rio Botello desde la cuenca alta hasta la cuenca media, en mediciones realizadas en diferentes puntos en sentido longitudinal. La variación entre estos puntos es poco significativa para la cuenca alta, lo que puede explicarse tal vez con una mínima intervención antrópica. Siguiendo con el análisis y si se establece una comparación con valores de referencia para aguas naturales (pH entre 6 y 8.5 unidades) es posible deducir con los valores medidos, que estos se encuentran por debajo del límite inferior (6.5). Sin embargo, esta situación puede explicarse o relacionarse a procesos de tipo erosivo o drenaje de cuenca que aportan algunas sustancias que pueden

generar acidez en el agua, al igual que la degradación de material vegetal (ácidos húmicos y fúlvicos) o la acidez de tipo mineral. Para el primer punto de la cuenca alta se estimó el índice de contaminación con el parámetro de pH y se evidencia una contaminación baja con un resultado de 0.068. Es preciso para esta última apreciación recordar que para el índice de contaminación entre mayor aproximación exista a cero, mejor será la calidad del agua. Si se compara este único dato de pH con la destinación del recurso para consumo humano y doméstico (tratamiento convencional) según el Decreto 1594 de 1984, Artículo 38 (pH 5.0), se tiene cumplimiento completo.

Para el caso del índice de pH (ICOpH), cuando la variación alrededor de la neutralidad (pH=7 unidades) no es importante como se aprecia en la figura 6, el dato obtenido indicará buena calidad.

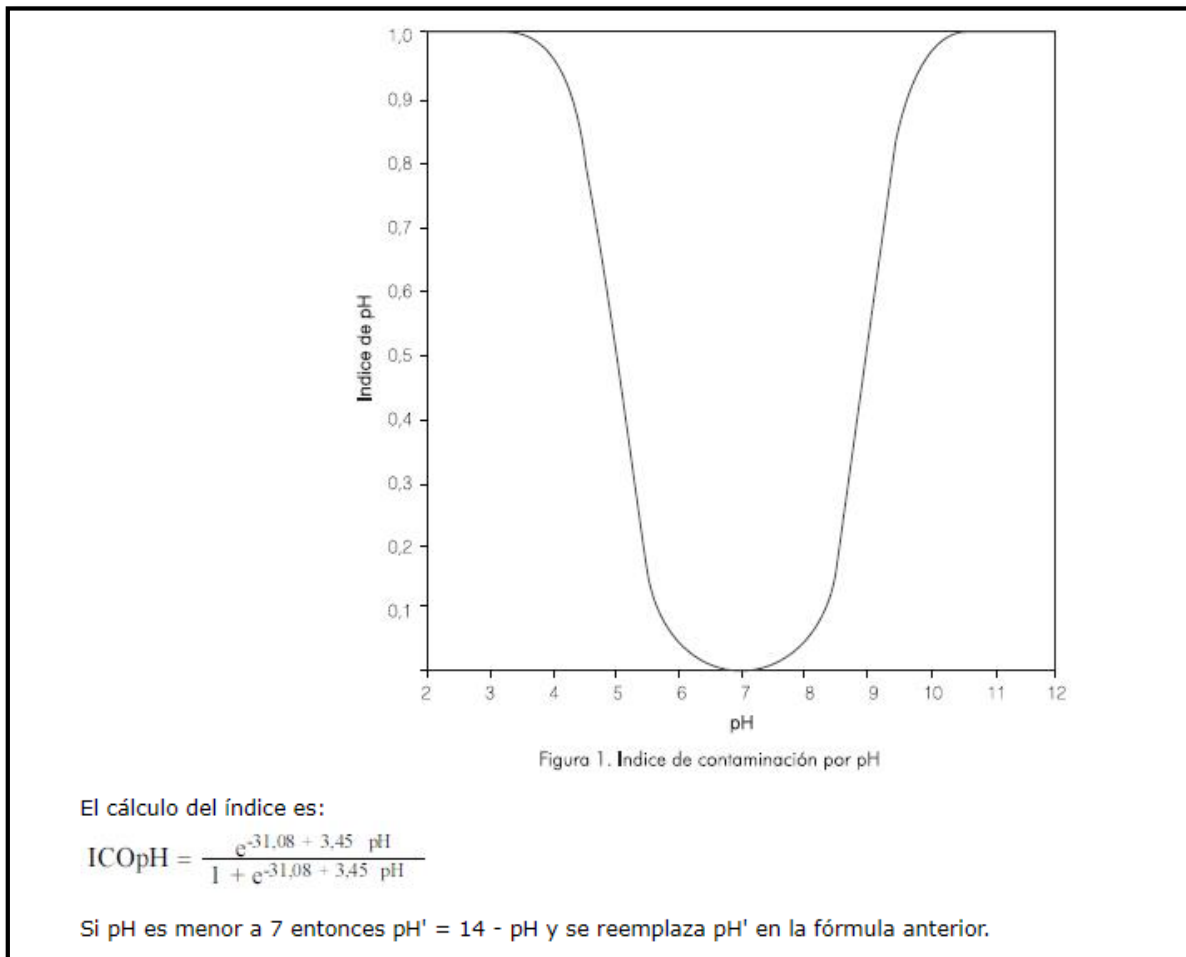


Figura 11. Índice de pH - ICOpH

En la cuenca media se evidencia una reducción significativa del pH, situación que se puede asociar a cargas difusas de contaminantes como fertilizantes, plaguicidas y herbicidas por los cultivos que se encuentran en la zona, los cuales modifican el pH del agua. En este sentido también se encontraron vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, situación que genera un aporte significativo de materia orgánica (DBO y DQO) y microorganismos patógenos, con posterior degradación y producción de ácidos orgánicos que reducen el pH del agua. En el punto final de la cuenca media se estimó el ICOpH con

un resultado que indica una contaminación elevada 0.9989, muy cerca de ICO 1 y desviación de la neutralidad.

### 5.3 Conductividad eléctrica

Cuando hablamos de la conductividad eléctrica, nos referimos a la “medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica” (IDEAM, 2006), por lo general esta medida se encuentra relacionada por la concentración de iones de agua, las concentraciones de movilidad y valencia y también la temperatura.

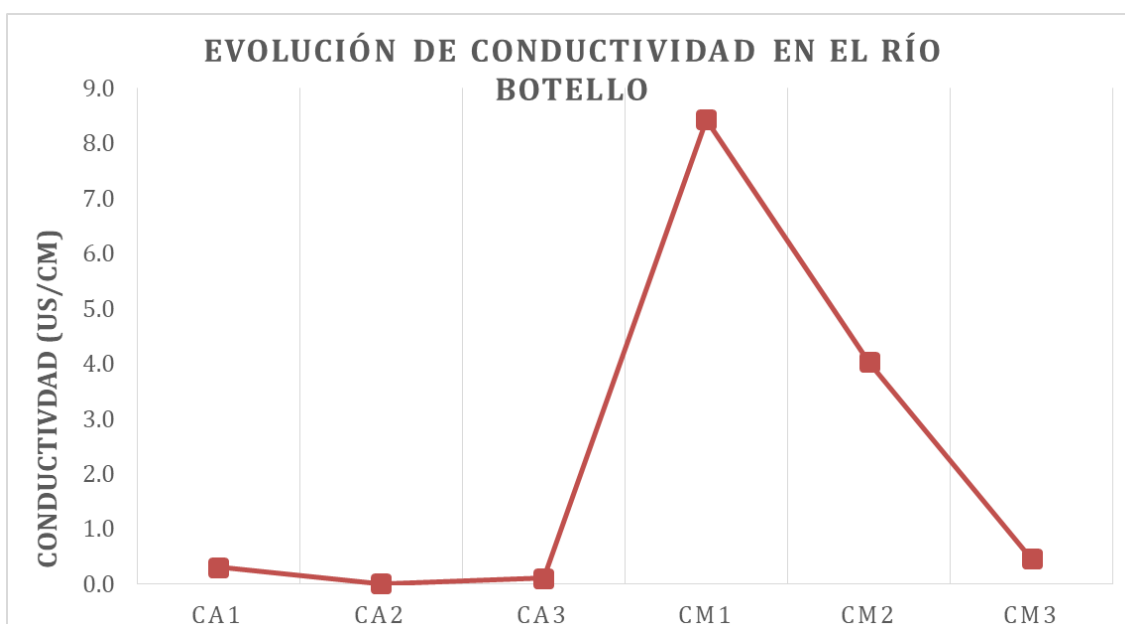


Figura 12. Relación de conductividad entre cuenca alta y media del río Botello, Facatativá (Cundinamarca)

El gráfico de conductividad se relaciona mucho con la explicación que se hace para la evolución del pH, donde se puede observar una baja contaminación en la cuenca alta, con relación a los valores obtenidos en la cuenca media. Sin embargo, cuando se comparan los



resultados de este parámetro con referentes de conductividad, es posible concluir que en todo el tramo de análisis, el agua todavía no se encuentra fuertemente alterada con relación a la cantidad de sólidos disueltos (sales de tipo inorgánico); ya que valores aceptables de conductividad para agua potable estarán en un rango de 500-5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con datos medidos que están en un rango inferior, con un máximo de 8.43  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Lo anterior se puede sustentar con el cálculo indirecto de la concentración de sólidos disueltos en agua (Figura 12), que no supera el rango máximo aceptable para agua potable de 20 a 1000 mg/L (Sawyer , 2001).

#### **5.4 Sólidos Suspendidos Totales (SST)}**

Para el análisis de los sólidos suspendidos totales o SST, nos basamos de la resolución 631 del 17 de marzo del 2015 en el cual dispone lo siguiente “Por lo 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” (MINAMBIENTE, 2015), donde el límite permisible de sólidos suspendidos totales en aguas superficiales es de 100.00 (mg/L)

#### **5.5 Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno es en general la cantidad de oxígeno necesario para poder oxidar la materia orgánica por medio de un proceso químico y por consiguiente convertirla en dióxido de carbono y agua, es muy utilizada para medir el grado de contaminación y por lo general su medida se expresa en Miligramos de Oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ).

Ya expuestos los resultados respectivos a cada variable, se refleja en la siguiente tabla la ponderación que hacen parte de cada una de las fórmulas de dichas variables:

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0,200
SST	mg/L	0,200
DQO	mg/L	0,200
Conductividad eléctrica, CE	US/cm	0,200
pH	Unidades	0,200

Figura 13. Ponderación de cada variable

Cálculo del índice de calidad	Valor	Calificación
Índice (ICA) Cuenca Alta	0,792	Aceptable
Índice (ICA) Cuenca Media	0,773	Aceptable

Figura 14. Calificación de índice de calidad de cuenca alta y media Rio Botello.

Los anteriores valores obtenidos se clasificarán por categorías las cuales determinarán la calidad de las cuencas evaluadas, según la siguiente tabla de clasificación:

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0.0-0.25	Muy mala	Rojo
0.26-0.50	Mala	Naranja
0.51-0.70	Regular	Amarillo
0.71-0.90	Aceptable	Verde
0.91-1.0	Buena	Azul

Figura 15. Calificación de la calidad del agua según los valores del ICA

## 6. DISCUSION

El agua del río Botello es una de las fuentes hídricas más importantes para el municipio, los parámetros fisicoquímicos son datos de monitoreo importante que deberían hacerse con más frecuencia, ya que este cuerpo de agua es quien suministra la demanda de agua del municipio y es utilizado no solo para actividades agropecuarias e industriales sino también al consumo del ser humano. Dentro del estudio establecido podemos evidenciar que la calidad del agua es aceptable aunque no es suficiente, el hecho de que haya contaminación desde la cuenta alta donde se supone que comienza el río, debería tener un índice de calidad de agua mucho mejor que un aceptable, pero esto ocurre por las diversas actividades que hay en el sector como la cría de animales, las actividades agropecuarias y los vertimientos domésticos que hacen las zonas de urbanización que se encuentran cerca de la ronda del río.

Es importante que estos estudios lleguen a las personas adecuadas en este caso los líderes de cada una de las veredas que se encuentran cerca de este afluente, la personería del pueblo e inclusive la alcaldía que es quien debería ser la más interesada en mejorar la calidad en la distribución del recursos hídrico a cada uno de sus habitantes, fundamentalmente porque no solo es un derecho del consumidor sino también un deber de las personas que lideran cada uno de los municipios, en este caso Facatativá, es crucial que se adopten las medidas necesarias para el buen manejo de los recursos, que se generen actividades de mitigación para el control de vertimientos, planes de acciones para las invasiones urbanísticas cerca de la ronda del río y control sobre las empresas industriales presentes.

---

## 7. CONCLUSIONES

- Al determinar las variables fisicoquímicas, aunque todas se encuentran dentro de los parámetros permisibles, es importante analizar que sus parámetros fallan por las diferentes actividades industriales, agropecuarias y antrópicas que se desarrollan en la ronda de la cuenca hídrica y que podrían mejorar si se establecen planes de acción que ayuden al mejoramiento del recurso hídrico
- Los parámetros fisicoquímicos son indispensables en el estudio de los cuerpos de agua, además que todos ellos generan un complemento a la hora de hacer la evaluación y determinar sus variables.
- Teniendo en cuenta que este recurso es fundamental para el abastecimiento del municipio, hay que considerar que desde la cuenca alta casi desde su nacimiento el río Botello presenta un porcentaje de calidad un poco bajo, los resultados de las variables deberían arrojar una calificación de calidad de agua buena y sus ponderaciones deberían encontrarse entre 0.91 – 1.0 con respecto su ICA pero por el contrario su ponderación se encuentra entre 0.71 – 0.90 donde su resultado es aceptable pero no bueno, podríamos asociar estos resultados a las actividades que se realizan alrededor del recurso hídrico como las actividades agropecuarias, industriales, los asentamientos que podemos encontrar en la ronda del río y a esto se le suma que el municipio no ha hecho cumplir las normas, leyes y/o decretos que ellos mismos elaboran para la solución de los conflictos de la comunidad.

## 8. RECOMENDACIONES

- Es recomendable que se hagan los debidos procedimientos para el control de vertimientos y uso del recurso, con el fin de establecer mejoras con respecto a la calidad del agua
- Es importante que se haga un monitoreo continuo de las actividades agropecuarias y domesticas presentes en las zonas rurales y en la ronda del rio, con el propósito de controlar las actividades de tipo antrópico que permitan disminuir los niveles de contaminación, de este modo se podrá tener una mejor gestión sobre los recursos disponibles para abastecimiento y desarrollo de las actividades económicas del municipio.
- Tener monitoreos periódicos y análisis de parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos para poder establecer índices de contaminación y de calidad de la microcuenca con mayor veracidad y en tiempo real.

## 9. Bibliografía

(s.f.).

Corporacion Autonoma Regional - CAR. (25 de Mayo de 2015). Resolucion 0973 . *Por cual se determina la zona de proteccion del Rio Botello*. Cundinamarca.

Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca - CVC. (2017). EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA. Cali, Valle del Cauca: Direccion Tecnica Ambiental.

Gonzalez Ramirez, J. H. (2017). Evaluación de los indicadores de calidad ICA e ICO del Rio Botello ubicado en el municipio de Facatativá. Bogota, Colombia: UNAD.

Herrero, M. S., & et. al. (2018). ODS en Colombia: Los retos para 2030. ODS. Colombia: Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo - PNUD.

IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (22 de 06 de 2004). *DETERMINACIÓN DE OXIGENO DISUELTO POR EL MÉTODO YODOMÉTRICO MODIFICACIÓN DE AZIDA*.  
Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+M%C3%A9todo+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf>

IDEAM. (12 de 07 de 2006). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

IDEAM. (2020). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales* . Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/metodos-analiticos>

Instituto de Hidrología, M. y. (22 de 06 de 2004). *DETERMINACIÓN DE OXIGENO DISUELTO POR EL MÉTODO YODOMÉTRICO MODIFICACIÓN DE AZIDA*.  
Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+M%C3%A9todo+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf>

LONDOÑO CARVAJAL, A., & al, e. (2010). MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA. En U. N. Colombia. Manizalez.

- 
- Lopez, C., & al., e. (s.f.). Diagnostico del agua en las Americas. *Una visión al estado del recurso hídrico en Colombia*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC pp 195-196.
- MINAMBIENTE, M. D. (17 de 03 de 2015). Obtenido de RESOLUCIÓN 631 DE 2015: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)
- Naciones Unidas. (25 de 09 de 2015). AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: POR QUÉ ES IMPORTANTE.
- Naciones Unidas. (25 de 09 de 2015). *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Navarro, O. (14 de 12 de 2004). Representación social del agua y de sus usos. Barranquilla, Colombia : Universidad del Norte. Psicología desde el Caribe pp. 222-236.
- Organizacion de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Paiba, A. A., & Monroy Avila, E. (02 de 01 de 2015). Modelacion hidrodinámica y determinacion de la calidad del agua en el río Botello, Facatativa, Cundinamarca, Colombia. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*.
- Posada, E., Mojica, D., Pino, N., Bustamante, C., & Monzon Pineda, A. (Septiembre - Octubre de 2013). *Establecimiento de índices de calidad ambiental de ríos con bases en el comportamiento del oxígeno disuelto y de la temperatura. Aplicación al caso del río Medellín, en el Valle de Aburrá en Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49628728021.pdf>
- Samboni Ruiz, N. E., & et al. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Obtenido de Ingeniería e Investigación, 27(3), 172-181: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es)

Sawyer , C. (2001). *Química para Ingeniería ambiental*. McGraw Hill.

Vega Mendoza, H. (2011). Propuesta para promover el Manejo Eficiente del Recurso Hidrico en la Microcuenca Alta del Rio Botello en el Municipio de Facatativa, Desde el Marco de la Gestion Integrla del Agua . Bogota, Colombia.



## 10. Anexos

### Anexo 1



Laboratorio Acreditado  
NTC-ISO/IEC-17025:2005  
Mediante Resolución  
Número 2456 del 2017



### REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

No. **1118617**

REG-REA-094 Versión 5.0

Ciudad y fecha de reporte

**Bogotá, D.C., 2019-06-25**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Empresa	Laboratorio tratamiento y análisis de agua del Sumapaz		Teléfono	8716872	
N.I.T.	39622605-7		Email	<a href="mailto:hectorgomezfgga@hotmail.com">hectorgomezfgga@hotmail.com</a>	
Dirección	Cra. 9 # 7a-35 piso 2 Fusagasuga				
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestra	Agua superficial Rio Botello Facatativa				
Fecha de recepción	2019-06-21	Características	Cruda		
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	12,8 °C		
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual		
No. Lote	N.A.				
Proveedor	N.A.				
Tipo de Envase	Plástico, Bolsa Nasco				
Tamaño Muestra	1,100 mL				
Norma	N.R				
Muestreo por	Hector Gomez				
Muestreo Fecha/Hora	2019-06-21		12:40		
Sitio de Muestreo	Rio Botello Facatativa - Aguas arriba				
RESULTADOS					
PARÁMETRO	Fecha de resultado	MÉTODO	Resultado	Unidades	Límites máximos permisibles N.R
Fisicoquímica					
Temperatura	2019-06-21	SM 2550 B	12,8 °C	°C	
(A) pH	2019-06-21	SM 4500-H+ B	6,54	Unidades pH	
Color Real	2019-06-22		<20		
(A)Conductividad eléctrica	2019-06-25	Electrométrico, SM 2510 B	23,6	µs/cm	
(A)Turbidez	2019-06-25	Nefelométrico, SM 2130 B	2	NTU	
(A)Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).		Incubación a 5 días y Modificación de Azida, SM 5210 B, 4500 – O, C	En proceso	mgO2/L	
(A)Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2019-06-26	Reflujo cerrado y volumétrico, SM 5220 C	<40	mgO2/L	
(A)Nitrógeno Total Kjeldahl		Macro – Kjeldahl, Destilación – Volumétrico, SM 4500 Norg – B, 4500- NH3 – B, C	En proceso	mg N-NH3/L	
(A)Fósforo Total		Cloruro estannoso, SM 4500 – P,B, D	En proceso	mg P-PO43-/L	
(A)Sólidos Suspendedos Totales (SST)	2019-06-26	Gravimétrico – secado a 103°C – 105°C, SM 2540 D	<2,5	mgSST/L	

## Anexo 2



Laboratorio Acreditado  
NTC-ISO/IEC-17025:2005  
Mediante Resolución  
Número 2456 del 2017



### REPORTE DE RESULTADOS MUESTRA

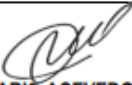
No. **1118618**

REG-REA-094 Versión 5.0

Ciudad y fecha de reporte

**Bogotá, D.C., 2019-06-25**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Empresa	Laboratorio tratamiento y análisis de agua del Sumapaz		Teléfono	8716872	
N.I.T.	39622605-7		Email	<a href="mailto:hectorgomezfgga@hotmail.com">hectorgomezfgga@hotmail.com</a>	
Dirección	Cra. 9 # 7a-35 piso 2 Fusagasuga				
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA					
Muestra	Agua superficial Río Botello Facatativa			Tipo de Envase	Plástico, Bolsa Nesco
Fecha de recepción	2019-06-21	Características	Cruda	Tamaño Muestra	1,100 mL
Fecha de elaboración	N.A.	Temperatura	13,2 °C	Norma	N.R
Fecha de vencimiento	N.A.	Método de Muestreo	Puntual	Muestreo por	Hector Gomez
No. Lote	N.A.			Muestreo Fecha/Hora	2019-06-21 12:40
Proveedor	N.A.			Sitio de Muestreo	Río Botello Facatativa - Aguas abajo
RESULTADOS					
PARÁMETRO	Fecha de resultado	MÉTODO	Resultado	Unidades	Limites máximos permisibles N.R
Fisicoquímica					
Temperatura	2019-06-21	SM 2550 B	13,8 °C	°C	
(A) pH	2019-06-21	SM 4500-H+ B	6,41	Unidades pH	
(A) Color Real	2019-06-22	SM 2120 C	<20	Unidades Pt-Co	
(A) Conductividad eléctrica	2019-06-25	Electrométrico, SM 2510 B	38,93	µs/cm	
(A) Turbidez	2019-06-25	Nefelométrico, SM 2130 B	1,98	NTU	
(A) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)		Incubación a 5 días y Modificación de Azida, SM 5210 B, 4500 - O, C	En proceso	mgO2/L	
(A) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2019-06-26	Reflujo cerrado y volumétrico, SM 5220 C	<40	mgO2/L	
(A) Nitrógeno Total Kjeldahl		Macro - Kjeldahl, Destilación - Volumétrico, SM 4500 Norg - B, 4500-NH3 - B, C	En proceso	mg N-NH3/L	
(A) Fósforo Total		Cloruro estannoso, SM 4500 - P, B, D	En proceso	mg P-PO43-/L	
(A) Sólidos Suspendidos Totales (SST)	2019-06-26	Gravimétrico - secado a 103°C - 105°C, SM 2540 D	<2,5	mgSST/L	
Microbiología					
(A) Coliformes Totales	2019-06-24	Fermentación de tubos múltiples, SM 9221 B, lectura SM 9221C	41	NMP/100 mL	
(A) Coliformes Termotolerantes	2019-06-24	Fermentación de tubos múltiples, SM 9221 E	Positivo	NMP/100 mL	
Absorción atómica					
Potasio			En proceso		
Los resultados son válidos sólo para las muestras en referencia y los ensayos realizados. No se permite la reproducción parcial o total del informe sin previa autorización escrita por parte de ASINAL S.A.S.					
(A) Acreditado (N) No acreditado (S) Subcontratado					
CALIFICACIÓN DE LA MUESTRA.					
Microbiología					
NA					
Absorción Atómica					
NA					
Fisicoquímica					
NA					

  
**BELISARIO ACEVEDO D, PhD.**  
 Director Técnico