

Caracterización fisicoquímica del agua de la quebrada La Toma, de la ciudad de Neiva, Huila, Colombia

Physicochemical characterization of the water of the stream The Toma the city of Neiva Huila Colombia

Jennifer Rodríguez Perdomo¹, Alcides Polanía Patiño², Evelin Zapata Ríos¹, Paola Villegas Guzmán³, María Natalia Montañez⁴

¹ Ingeniera Ambiental, *Huila, Grupo Navarra Ambiental, Fundación Universitaria Navarra, Calle 10 N° 6-41, Neiva, Colombia.* jennifer.rodriguez@uninavarra.edu.co; e.zapata@uninavrra.edu.co

² Docente de Ingeniería de Alimentos e Ingeniería Ambiental, *Huila, Grupo Investigación Ingenierías FET (GIIFET), Fundación Escuela Tecnológica Jesús Oviedo Pérez, km 11 vía Neiva – Rivera, Colombia.* alcides_polaniapa@fet.edu.co

³ PhD, MsC Química, *directora del Centro de Investigaciones Uninavarra, Huila, Grupo Investigación Navarra Ambiental, Fundación Universitaria Navarra, Calle 10 N° 6-41, Neiva, Colombia.* direccioncina@uninavarra.edu.co

⁴ Docente de Ingeniería Ambiental, *Huila, Grupo Investigación Ingenierías FET (GIIFET), Fundación Escuela Tecnológica, Tecnológica Jesús Oviedo Pérez, km 11 vía Neiva – Rivera, Colombia.* maria_montanezve@fet.edu.co

Recibido: 15/feb/2019 Revisado: 30/abr/2019

Aceptado: 30/may/2019 Publicado: 30/jul/2019

Resumen La quebrada La Toma es una fuente hídrica que atraviesa el área urbana del municipio de Neiva en el departamento del Huila, es afectada por el crecimiento urbanístico que se desarrolla hacia el sector del oriente de la ciudad, presenta una distribución regular de residuos sólidos y conexiones improvisadas de aguas lluvias. Por lo anterior, se caracterizó fisicoquímicamente el agua de la quebrada La Toma, de los cuales se determinaron los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, turbidez y concentración de hierro sobre tres estaciones de monitoreo localizados en la fuente hídrica y analizadas con sus variables meteorológicas, a través, de una estadística descriptiva y un análisis de varianzas (ANOVA). Posteriormente fueron comparados los resultados del monitoreo con la normatividad colombiana vigente. Las condiciones fisicoquímicas presentadas por el agua objeto de estudio, correspondieron a valores de pH 7.44 ± 0.2429 , temperatura 23.91 ± 0.3447 °C, conductividad 7.48 ± 0.8012 $\mu\text{s/cm}$, turbiedad 28.71 ± 5.1730 NTU, STD 926.7 ± 74.78 mg/L, salinidad 1.06 ± 0.0600 psu y hierro 7.45 ± 2.8231 ppm; indicando, el cumplimiento de la normativa dada por los parámetros de pH, temperatura y conductividad, y otros fuera de los límites, como son la turbiedad, STD, salinidad y la concentración de hierro.

Palabras claves Quebrada La Toma; agua; fisicoquímico; meteorológico.

Abstract La Toma is a water source that crosses the urban area of the municipality of Neiva in the department of Huila, it is affected by the urban growth that develops towards the eastern sector of the city, presents a regular distribution of solid waste and improvised connections of rainy waters. Therefore, the water was physicochemically characterized, from which pH, temperature, dissolved oxygen, conductivity, salinity, turbidity and iron concentration were determined on three monitoring stations located in the water source and analyzed with its meteorological variables, through a descriptive statistic and an analysis of variances (ANOVA). Subsequently, the results of the monitoring were compared with the current Colombian regulations. The physicochemical conditions presented by the water under study corresponded to pH values 7.44 ± 0.2429 , temperature 23.91 ± 0.3447 °C, conductivity 7.48 ± 0.8012 $\mu\text{s/cm}$, turbidity 28.71 ± 5.1730 NTU, STD 926.7 ± 74.78 mg/L, salinity 1.06 ± 0.0600 psu and iron 7.45 ± 2.8231 ppm; indicating, compliance with the regulations given by the parameters of pH, temperature and conductivity, and shows others outside the permissible limits such as turbidity, STD, salinity and iron concentration.

Keywords one word; *La Toma; water; physicochemical; meteorological.*

1 Introducción

Colombia es uno de los primeros países de América Latina en contar con una normatividad sobre el manejo y protección de los recursos naturales y del medio ambiente (Acuña, 2006), por lo que se entiende que los recursos naturales de este país presentan un alto valor económico, moral, cultural e intelectual, al ser una propiedad de la nación. A pesar de que estos recursos son administrados por las Autoridades Ambientales Regionales, actualmente se ven amenazados por la confluencia de múltiples factores antrópicos que han generado efectos perturbadores sobre los componentes del ciclo hidrológico y de la calidad del agua; algo que desestima su categoría obtenida como el cuarto país con mayor potencial del recurso hídrico a nivel global en lo que respecta a su distribución espacial y temporal (Cardona, 2003).

El ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (Minambiente) es el órgano rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, pero también, el encargado de definir políticas y regulaciones para la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables (Minambiente, 2010). Por otro lado, las autoridades ambientales o corporaciones ambientales de Colombia son los organismos facilitadores para la concesión de autorizaciones y licencias de aguas para su uso, aprovechamiento u otorgamiento de permisos de vertimientos. Asimismo, también presentan funciones de control y seguimiento ambiental con la facultad de restringir actividades que puedan generar problemáticas de contaminación o de imponer sanciones en el caso de causar daños al ambiente (Urrego, 2000).

Estas autoridades supervisan el recurso hídrico, toda vez, que el agua es un recurso esencial para la vida y el medio ambiente, sin importar si se localiza de manera subterránea o superficial. Este recurso, valorado como el eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas y

residenciales (Lozada, 2009); a pesar de que luego presentarán alteraciones y deterioros, una vez son usadas y vertidas nuevamente sobre las mismas (Bazán, et al., 2018).

Las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural por el arrastre de material particulado y materia orgánica disuelta, y en algunos casos con presencia de contaminación de origen humano, como las descargas de agua residuales domésticas, escorrentías agrícolas, efluentes de procesos industriales, entre otros. Esta carga de contaminantes conlleva a la alteración de la composición física, química y biológica del agua; sin embargo, también de manera estructural en el caso de las implementaciones inadecuadas de los planes de ordenamiento territorial, siendo así, que muchas familias se acentúan a las orillas de los cauces hídricos, careciendo de sistemas de alcantarillado y depositando las aguas negras a los cuerpos de aguas más cercanos que acarrear posteriormente a problemáticas de contaminación (Lozada, 2009).

Los recursos hídricos de la nación, del departamento y del municipio de Neiva, son representativamente abundantes, debiéndose a su posición geográfica que la favorece; si bien, la ciudad de Neiva presenta una extensión de 1553 Km^2 y una altitud 442 m . Este abarca desde la cordillera oriental hasta la cordillera central y luego pasa por el valle del río Magdalena y atraviesa los ríos Las Ceibas, El Oro y la quebrada La Toma (Perdomo, 2017).

La quebrada La Toma, está ubicada en una zona del bosque seco tropical, nace en el perímetro urbano de la ciudad en el llano de El Curibano y finaliza su recorrido en el río Magdalena (CAM, 1997), cuenta con un área de 5362 Km^2 y una longitud de 7.16 Km . Su nombre se debe a que fue la primera fuente hídrica usada para el abastecimiento del acueducto municipal (Vera, 2004), para ser usado de manera doméstica y pública. Inicialmente llegaba hasta la plaza principal y luego era distribuido mediante el empleo de una pila pública que se localizaba con anterioridad sobre el parque central Santander.

La Toma inicia en la comuna diez del municipio de Neiva en cercanías del barrio Víctor Félix junto a la Institución Educativa Gimnasio Yumaná, luego esta fuente hídrica presenta un afloramiento. Hoy día la quebrada es interrumpida por la construcción de conjuntos residenciales y sus aguas pasan por un pequeño canal que atraviesa el conjunto residencial Reserva de la Sierra; su flujo llega hasta la carrera 52 por medio de la escorrentía del agua subterránea recargada por el agua de la laguna de El Curibano. El caudal de esta microcuenca, se alimenta preferencialmente de las aguas lluvias, derrames y sobrantes de aguas de los tanques de almacenamiento del acueducto municipal que vierten sus fluidos cuando requieren de mantenimiento (Sanchez & León, 2004). Finalmente presenta un sector canalizado desde el barrio La Libertad de la comuna cinco oriental, hasta su desembocadura en el río Magdalena. Esta quebrada presenta un coeficiente bajo respecto a sus medidas morfométricas; más aún, su coeficiente de capacidad también es bajo, luego presenta una forma que pasa de oval oblonga a rectangular oblonga, la cual expone al cauce a presentar problemas durante las crecidas (Sanchez & León, 2004).

El clima de la quebrada presenta temperaturas promedios de 27.8 °C que puede variar entre los 25 y 40 °C, sus precipitaciones medias anuales son de 1100 mm con lluvias bimodales característico de las altas precipitaciones dadas en los meses de marzo a abril y de octubre a diciembre (Vera, 2004). La Toma es una quebrada históricamente representativa para la ciudad de Neiva, pero también es una fuente afectada por el crecimiento urbanístico que se desarrolla hacia el sector del oriente de la ciudad, presentando una mala distribución de residuos sólidos y conexiones improvisadas de aguas lluvia. Las residencias presentes a la ribera de la quebrada, han fomentado la canalización del cauce y la tala indiscriminada de árboles, por lo que se incurrió en la necesidad de determinar las propiedades físicas y químicas de sus aguas durante los meses de febrero a abril del año 2018.

2 Metodología

2.1 Área de estudio



Fig. 1. Ubicación de la quebrada La Toma, junto con sus tres estaciones de monitoreo.

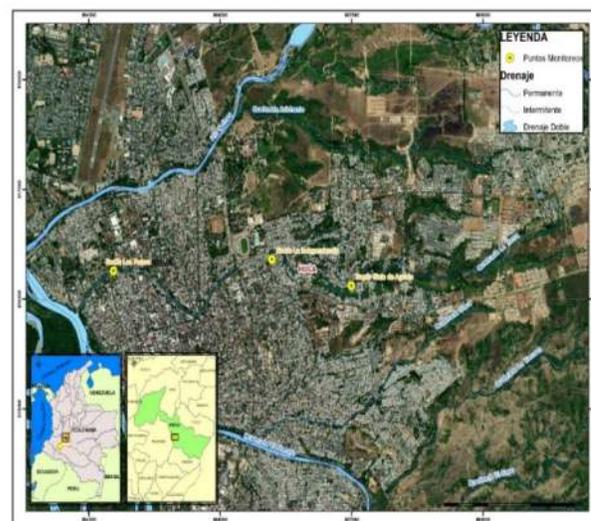


Fig. 2. Ubicación de las estaciones de muestreo

2.2 Estaciones de monitoreo

Los puntos de muestreo fueron establecidos en tres estaciones sobre la quebrada La Toma con ayuda de los planos cartográficos.

Tabla 1. Ubicación de los puntos para la recolección de la muestra de aguas.

Estación	Localización	coordenadas geográficas
1	Barrio Siete de Agosto, Comuna 5	2°55'57.65" N – 75°16'09.34" O
2	Barrio La Independencia, Comuna 5	2°56'05.57" N – 75°16'38.80" O
3	Barrio Los Potros, Comuna 4	2°56'01.76" N – 75°17'37.25" O

2.3 Monitoreo y muestreo.

Se monitorearon las aguas de la quebrada La Toma dos veces al día, en diferentes días de la semana, durante los meses de febrero, marzo y abril del 2018. Se recolectaron 18 muestras de agua por duplicado, se efectuó un tipo de muestreo compuesto en diferentes tiempos. Las muestras fueron colectadas en envases de plástico previamente esterilizados con autoclave y lavados con solución de ácido nítrico y agua destilada (1:1) (Méndez, et al., 2010). Cada envase fue rotulado, indicando la estación, el día y la hora del muestreo, luego almacenadas en nevera hermética durante la recolección y transportadas hacia el laboratorio donde se dispusieron en una nevera a 4 °C, acorde a los protocolos dados por el (APHA, AWWA, WEF., 2017) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2007).

2.4 Información meteorológica

Se analizaron los registros dados por la estación meteorológica Aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva. Las variables climáticas examinadas fueron: precipitación, evaporación, temperatura absoluta, tensión media anual, brillo solar, presión atmosférica, humedad relativa y los fenómenos atmosféricos. Estos fueron obtenidos de la oficina del IDEAM de la ciudad de Neiva.

2.5 Análisis físicos y químicos del agua.

Los análisis fisicoquímicos de pH, conductividad, sólidos totales, turbidez, salinidad y concentración de hierro fueron realizados en el laboratorio multidisciplinar de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Navarra, y en el laboratorio de física y química (B2 – 104) de la Fundación Escuela Tecnológica de Neiva Jesús Oviedo Pérez.

Para los análisis del pH y temperatura fueron determinados por el equipo pH/mV/Temperature Meter Model 3510 de marca Jenway de modo *in situ* y *ex situ* en el laboratorio. La sonda o electrodo, fue calibrado usando soluciones búfer de pH 4.0, 7.0 y 10.0 a 21 °C, con lavados de agua destilada y desionizada entre análisis. Para la determinación de la conductividad, salinidad y los sólidos totales disueltos (SDT), fue usado el multiparamétrico STARTER 3100C Bench Conductivity Meter, quien analizó diferentes parámetros según el protocolo (OHAUS, 2009), para la calibración del sensor multiparamétrico, se usó soluciones estándar según el parámetro por determinar, teniendo en cuenta aspectos como el tiempo de lectura, una vez que la lectura no es instantánea en este equipo, por lo que se requiere de mínimo 10 segundos para su estabilización. Seguidamente fueron valoradas las muestras en tres ocasiones, asumiéndose como valor definitivo el promedio de estos datos (Hahn, et al., 2006).

La Turbidez se analizó con el equipo Thermo Scientific Orion, quien presentó diferentes magnitudes como la NTU, EPA 180, FNU, y %TIR. Su calibración fue realizada con soluciones estándares. Los viales del equipo fueron previamente lavados tres veces con agua desionizada y destilada, luego fueron analizadas las muestras según el parámetro de unidades nefelométrica de turbiedad (NTU).

Finalmente, para la determinación de hierro se usó el método por espectrofotometría de absorción molecular (EAM) (Valladares, 1994), de donde se preparó una solución acomplejante, con 20 mg de ditizona (Dz) y 2 g de dodecilsulfato de sodio (SDS) en 100 mL de agua desionizada, se filtró y

posteriormente fue usado. La curva de estandarización se realizó usando un espectrofotómetro Spectronic 21D, a 420 nm, empleando una solución patrón estandarizada de hierro de marca Panreac® a concentraciones de 0.2, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0 y 15.0 ppm. Fueron usados 7 mL de estas soluciones patrón con 3 mL de solución de ditizona y dodecilsulfato de sodio previamente preparado, se mantuvieron a un pH 2.0 con la adición de gotas de ácido clorhídrico y se llevaron a sendos en viales de 10 mL.

Las muestras fueron asistidas con una digestión de ácido clorhídrico y ácido nítrico (3:1) durante 10 minutos, luego se filtró y se tomó una alícuota de 7 mL con 3 mL de solución de Dz y SDS para un volumen final de 10 mL, se mantuvo el pH 2.0 con la adición HCl, se agitó alrededor de 2 minutos para la formación del complejo, se tomó la lectura de la absorbancia y se calcularon las concentraciones teniendo en cuenta el factor de dilución y la ecuación de la recta (Valladares, 1994).

2.6 Análisis Estadísticos

Los datos emanados fueron analizados por medio de la estadística descriptiva, indicando la media y el error estándar de la media (SEM), también se llevó a cabo el análisis de varianzas (ANOVA) con un índice de confianza del 95 % y un valor de significancia ($p < 0.05$), a través del paquete estadístico *GraphPad Prism 6.01*. Las variables fisicoquímicas fueron organizadas en graficas que relacionan las abscisas, ordenadas (X y Y) con los límites normativos permisibles (-----) presentados por el decreto 1575 de 2007 y las resoluciones 0631 del 2015 y 2115 del 2007, respectivamente.

3 Resultados y Discusión

Las condiciones fisicoquímicas presentadas por el agua de la quebrada La Toma, mostraron una relación estrechamente establecida entre las condiciones meteorológicas del área de estudio y las variables fisicoquímicas analizadas, sin embargo, no

se descarta la opción de que las variaciones halladas en los datos obtenidos de los análisis, pudieron también verse afectadas por diversas fuentes de contaminación presentes en la fuente hídrica.

3.1 Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos presentaron una gran variabilidad entre los parámetros analizados, por lo cual se reportó la significancia ($p < 0.001$) estimada por los factores climáticos, los cuales fueron efectuados en las fechas los muestreos (Tabla 2).

Tabla. 2. Información meteorológica de la quebrada La Toma dados por el IDEAM

Parámetros	Media	SEM
Humedad Relativa (%)	67.0	± 3.256
Precipitación (mm)	0.8	± 0.639
Temperatura Min Absorbida (°C)	22.7	± 0.212
Temperatura Max Absorbida (°C)	31.9	± 0.626
Tempera Media Diaria (°C)	27.9	± 0.568
Presión Media Nivel Estática (hPa)	958.7	± 0.274
Presión Media Nivel del Mar (hPa)	1008.2	± 0.348
Brillo Solar (h)	156.7	± 51.812
Tensión vapor media mensual (°C)	5.4	± 0.351
Fenómenos Atmosféricos (#)	35.0	± 14.832
Evaporación (mm)	5.1	± 0.790

3.2 Determinación fisicoquímica

3.2.1 pH

El pH estimado presentó un valor de 7.44 ± 0.2429 (ver Figura 3), indicando que este valor se encuentra dentro de los límites permisibles (según la norma debe presentarse entre un pH 6.5 y 9.0) de la resolución 0631 del 2015. Por lo anterior se expone que hay una adecuada interacción entre las actividades antrópicas y los factores abióticos naturales presentes en el ecosistema de la quebrada. El comportamiento de estas variables no presentó significancia ($p = 0.3152$) durante el periodo analizado.

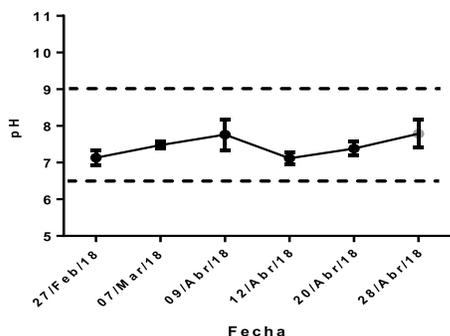


Fig. 3. Comportamiento del pH del agua de la quebrada La Toma.

3.3 Temperatura

Durante los ensayos realizados a las muestras, se registró una temperatura de $23.91 \pm 0.3447 \text{ }^\circ\text{C}$ (ver Figura 4), del mismo modo, no se presentó significancia alguna entre las muestras contrastadas durante los días monitoreados ($p = 0.3347$); sin embargo, los resultados arrojados se encontraron dentro del límite permisible (según la normatividad este debe ser inferior a $35 \text{ }^\circ\text{C}$) de la resolución 0631 del 2015. Esta variable se encuentra sumamente relacionada con otros componentes como el oxígeno disuelto, la actividad microbiana y la sensibilidad de la biota acuática a ciertos componentes tóxicos (Durán, 2016). A pesar de que la temperatura no se encuentra regulada en la legislación actual, esta reportó valores que contrasta con la temperatura mínima absoluta de $22.7 \pm 0.144 \text{ }^\circ\text{C}$ entregados por el IDEAM, por lo tanto, la temperatura del ambiente oscila en gran similitud con la temperatura de la fuente hídrica, permitiendo el óptimo desarrollo de los ecosistemas acuáticos (Durán, 2016).

3.4 Conductividad

La conductividad analizada reportó un promedio de $7.48 \pm 0.8012 \text{ } \mu\text{s/cm}$ (ver Figura 5), muy inferior a lo establecido por el decreto 1575 de 2007 (reportado por la normatividad de $2000 \text{ } \mu\text{s/cm}$), asimismo, se referenció valores permisibles inferiores a los $30 \text{ } \mu\text{s/cm}$ (Durán, 2016) y otros rangos previamente

establecidos que oscilan entre los 50 y $1000 \text{ } \mu\text{s/cm}$ de la resolución 2115 del 2007. Estos productos analizados resultaron ser significativos ($p = 0,0006$), es decir, que reportaron una variabilidad de los datos durante los días que fueron monitoreados. Normalmente el agua de los ríos tiene iones en disolución que conllevan a que su conductividad sea proporcional a la cantidad de iones allí presentes (Hahn, et al., 2006). Cabe señalar, que la conductividad de las aguas naturales, presentan diversas aplicaciones, de donde la más importante resulta ser la evaluación de los cambios de concentraciones ocurridos por los minerales disueltos, tanto en aguas naturales como en las residuales (Ecofluidos Ingenieros S.A, 2012).

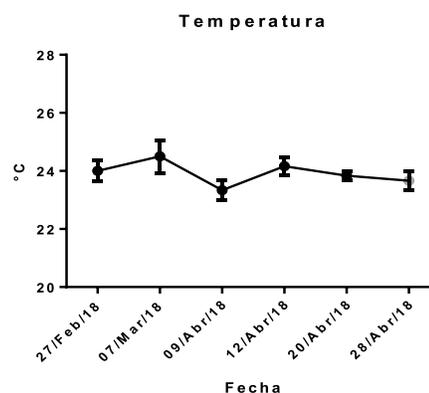


Fig. 4. Comportamiento de la temperatura del agua de la quebrada La Toma.

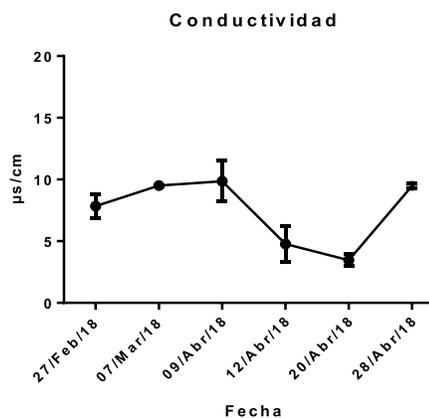


Fig. 5. Comportamiento de la conductividad del agua de la quebrada La Toma.

3.5 Turbiedad

La turbiedad determinada fue de 28.71 ± 5.1730 NTU (ver Figura 6), sobrepasando el límite de permisibilidad establecido por la resolución 2115 del 2007 y cuyo registro esta dado en 5.0 NTU; sin embargo, inicialmente se reportaron registros muy cercanos al límite permisible, por el contrario, a los últimos análisis realizados, quienes presentaron datos incrementados de los monitoreos, siendo este una causa que favoreció a la evidente significancia de los datos colectados ($p < 0.0001$). En vista de lo anterior, se acepta a la turbiedad del agua como el fenómeno causado por la materia suspendida de tipo coloidal, arcilla, arena fina, materia orgánica e inorgánica (Sanchez & León, 2004). Según la legislación colombiana, sobre una gran cantidad de ríos de esta nación, se presentan partículas en suspensión que reducen la transparencia del agua, la cual es exhibida por los procesos de arrastre y remoción de tierra y los vertimientos de tipo industrial y/o urbano.

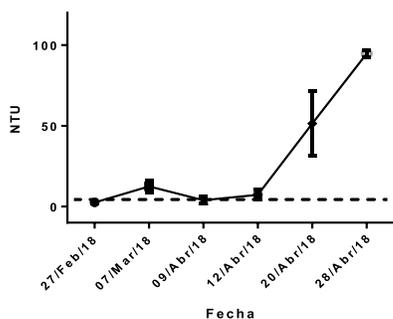


Fig. 6. Comportamiento de la turbiedad del agua de la quebrada La Toma.

3.6 Sólidos totales disueltos (TDS)

El valor experimental registrado fue de 926.7 ± 74.78 mg/L (ver Figura 7), siendo este significativo referente a sus valores obtenidos ($p < 0.0001$). Este valor experimental reportado, está por encima del límite permisible de 100 mg/L dado por la resolución 0631 del 2015. La alta concentración de TDS, afecta

directamente la disponibilidad de oxígeno presente en el cuerpo de agua (Durán, 2016). Los TDS son utilizados para evaluar los efectos de la erosión sobre el agua, ya se representa como una capacidad de transportar material durante la escorrentía del agua lluvia, la cual desencadena posteriormente en problemáticas de obstrucción y sedimentación que puede conllevar a la destrucción de hábitats acuáticos (Durán, 2016).

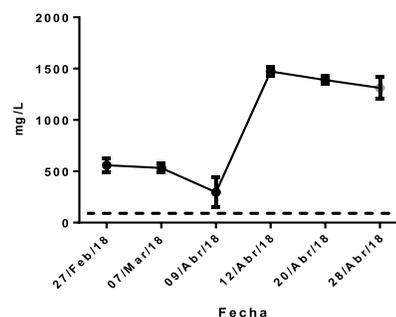


Fig. 7. Comportamiento de los sólidos totales disueltos presentes en el agua de la quebrada La Toma.

3.7 Salinidad

La salinidad reportó un valor de 1.06 ± 0.0600 psu (ver Figura 8) con una significancia entre los datos ($p < 0.0001$). En vista de que la unidad práctica de salinidad (psu) se concibe inicialmente como la determinación de la masa de sales disueltas en una masa presente de una solución y que a su vez presenta una relación de conductividad de una muestra de agua de mar con una solución de cloruro de potasio (Balmaseda & García, 2013), se infiere, que las muestras analizadas ostentaron un equivalente de 1.06 ± 0.0600 g/L, que al ser comparado con otros registros de agua dulce (con un referente normativo de 0.5 g/L) (Rocha & Cardona, 2015), son evidentemente superiores.

3.8 Hierro

Para la determinación del hierro; se establecieron condiciones de estandarización con coeficientes de

correlación ($r = 0.9617$) y determinación ($r^2 = 0.9248$), que permitieron hallar la concentración promedio de las muestras analizadas en $7.45 \pm 2.8231 \text{ ppm}$ (ver Figura 9), sin embargo, no presentó una variación significativa entre los monitoreos efectuados ($p = 0.1773$). Es importante resaltar que el hierro presente en el agua de las fuentes hídricas, proviene de la disolución de rocas, minerales, aguas residuales cuyo contenido presenta acero y otros materiales, asimismo, el hierro también se presenta en forma trivalente en aguas naturales superficiales, variando su concentración entre 0.01 a 0.30 ppm a pH menores a 7.0, luego al superar este valor de pH en un medio oxigenado, se da la formación del hidróxido férrico hidratado (Marín, 2006).

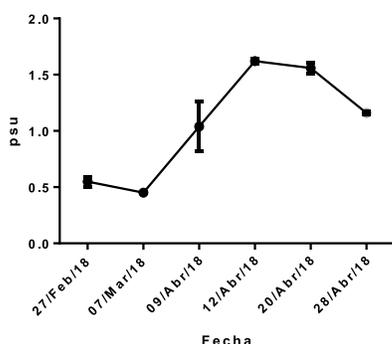


Fig. 8. Comportamiento de la salinidad del agua de la quebrada La Toma.

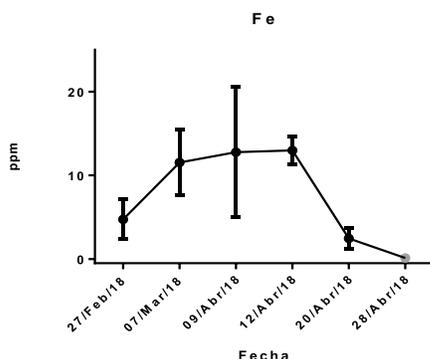


Fig. 9. Comportamiento de la concentración de hierro en el agua de la quebrada La Toma.

4 Conclusiones

El análisis fisicoquímico del agua de la quebrada La Toma, permitió observar marcadamente la interacción entre los impactos o alteraciones relacionadas con las propiedades físicas del agua y la composición química de esta.

Los resultados obtenidos en el estudio, reflejaron valores experimentales de pH y Temperatura óptimos y permisibles (acorde a los normativos de pH 6.0 a 9.0 y una temperatura inferior a 35 °C) dados por la resolución 0631 del 2015.

La turbiedad y los TDS se hallaron por encima de los límites permisibles establecidos por resolución 2115 del 2007 de 5.0 NTU y 1000 mg/L, respectivamente. Sin embargo, la conductividad exhibió valores permisibles, ya que expuso una cantidad inferior a los 30 $\mu\text{s/cm}$ señalados por Guadrón-Durán (2016), el decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115 del 2007.

La salinidad y la concentración de hierro, presentó valores muy superiores a los 0.5 g/L establecidos por Rocha & Cardona (2015) y los 0.30 ppm de Fe reportados por Marín-Galvín (2006).

Al encontrar los parámetros de turbiedad, SDT, salinidad y hierro fuera de los límites de permisibilidad, esto puede conllevar a la generación de problemáticas dadas por la propagación de vectores y la proliferación de patologías que afectarían la salud de las comunidades antrópicas aledañas a la quebrada, ¿e incluso de la integridad misma de los ecosistemas? naturales allí localizados.

Por consiguiente, la quebrada La Toma requiere de un programa de conservación, restauración y protección, dada bajo la responsabilidad de los entes gubernamentales y no gubernamentales, en la que se connoten planes de gestión, actividades de participación ciudadana, educación ambiental y el apoyo socioeconómico hacia los pobladores residentes y aledaños al área de influencia de la quebrada.

Agradecimientos. A la directora del IDEAM regional de Neiva Ofelia Ángel Oviedo, Vladymeer

León Cuellar, Humberto Pérez y Paola Villegas Guzmán, al Centro de Investigaciones Navarra (CINA) y al Sistema de Investigación de la Fundación Escuela Tecnológica de Neiva Jesús Oviedo Pérez (SIFET).

Referencias

- Acuña, I. (2006). La política ambiental en los planes de desarrollo en Colombia 1990-2006. Una visión crítica. *Luna Azul*, 22, 8-19. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727224002.pdf>.
- APHA, AWWA, WEF. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater (Twenty three ed.). Washington D.C.
- Balmaseda, C., & García, Y. (2013). Calidad de aguas de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibocoa, provincias de La Tunas para el riego. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 68-73.
- Bazán, R., Gracia, D. M., Calimond, M., Herrero, H., Bonansea, M., Bonfanti, E., . . . Cossavella, A. (2018). Estudio multidisciplinario e interinstitucional de dos fuentes principales de agua potable para la provincia de Córdoba. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 5(2), 57-64. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/22898/22558>
- CAM. (1997). Corporacion Autonoma Regional del Alto Magdalena. Neiva. Obtenido de Consorcio M.U.R. Proyectos Ltda - Escosin Ltda.- Agendas Ambientales.
- Cardona, G. (2003). El Regimen Jurídico de las aguas en colombia. Obtenido de Colorado State University: www.engr.colostate.edu/.../Colombia/Colombia.../English_25-THE%20REGIMEN%20LEGAL%20OF%20THE%20WATER%20
- Durán, L. (Diciembre de 2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinamica Ambiental*, 1, 83-102. Obtenido de <https://revistas.unilivre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593>
- Ecoflúidos Ingenieros S.A. (2012). Estudios de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac Cusco (OMS ed.). Lima: FIODM. Obtenido de Fondo para el logro de los ODM: <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- Hahn, F., Miranda, M., Pérez, F., Mayo, O., Rojas, F., & Coras, P. (2006). Monitoreo de la calidad del agua en el río Texoco mediante sensores selectivos de iones. *Agrociencia*, 40(3), 277-287.
- IDEAM. (10 de Septiembre de 2007). Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428
- Lozada, P. T. (2009). Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4845739>
- Marín, R. (2006). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA), 1-37. Recuperado el 25 de 7 de 2019, de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf
- Méndez, R., San Pedro, L., Castillo, E., Vázquez, & E. (2010). Modelación del tiempo de conservación de muestras biológicas de agua. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(4), 327-338. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000400007
- Minambiente. (Octubre de 2010). Legislación del agua (Normativa nacional para la administración y planificación ambiental del agua). Obtenido de Decreto 3930 del 2010: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#decretos>
- OHAUS. (2009). Manual Starter 3100C Bench Conductivity Meter. Obtenido de Instruction Manual.
- Perdomo, J. (2017). Informe ambiental y de recursos naturales. Neiva: Contraloría Municipal de Neiva.
- Rocha, H., & Cardona, A. (2015). Interfases de agua dulce y agua salobre en la región Mérida-Progreso, Yucatán. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 89-111.
- Sanchez, M., & León, V. (2004). Evaluación de condiciones ambientales y caracterización de comunidades acuáticas en el río Baché. *Ingeniería y Región*, 2(3), 8-18. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=543>

2306

- Urrego, A. P.-R. (2000). Cambios diurnos de variable físicas y químicas de la zona el ritiral del río medellín. *Caldasia*, 22(1), 127-141. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/23641510>
- Valladares, S. (1994). Espectrofotometría de Absorción Molecular Ultravioleta-visible. En *Control de calidad de insumos y dieta acuicolas*. México: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S03.htm>
- Vera, A. (2004). Fuentes hídricas, currículo y participación ciudadana: proyecto, integración curricular en torno a la gestión de proyectos ambientales escolares (PRAES). Neiva: Universidad Surcolombiana, Dirección General de Investigaciones, Facultad de Educación.