

# Diagnóstico de la calidad del agua mediante índices fisicoquímicos para formular herramientas de gestión y preservación

## Diagnosis of the water quality through physical- chemical indexes to formulate management and preservation tools

Carreño B, Silvia<sup>1</sup>, Prada D, Yerly<sup>2</sup>, Santana B, Andrés<sup>3</sup>, Silva L, Pablo<sup>4</sup> y Estupiñán P, Rafael<sup>5</sup>

Fundación Universitaria de San Gil- UNISANGIL

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa Ingeniera Ambiental  
San Gil, Colombia

silviacarreno@unisangil.edu.co  
yerlyprada@unisangil.edu.co  
andressantana@unisangil.edu.co  
pablosilva@unisangil.edu.co  
restupinan@unisangil.edu.co

Fecha de Recepción: 01 de noviembre de 2018

Fecha de Aceptación: 18 de julio de 2019

**Resumen** — El presente estudio del diagnóstico de la calidad del agua de la Quebrada la Sobacuta del Municipio del Valle de San José, para generar –si es necesario- estrategias de mitigación se hizo identificando la variación de la calidad del agua a medida que desciende desde su nacimiento debido a las afectaciones que recibe. Para el diagnóstico de la calidad del agua se calcularon diferentes índices como: Índice de Contaminación por Materia Orgánica – ICOMO-, Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos – ICOSUS-, Índice de Calidad del Agua –ICA- e Índice de Alteración de la Calidad del Agua –IACAL-, los cuales aportan información suficiente sobre la calidad del agua de dicha quebrada. El estudio determinó que existen diversos problemas como el manejo inadecuado de los sistemas de producción agropecuarios, y mal uso y manejo de los recursos naturales. En la aplicación de los índices se da a conocer que el agua se encuentra con un pH neutro, un ICOMO de 0 a 0,5 es decir presenta un incremento de materia orgánica, el ICOSUS de 0 a 0,2 en un rango de categoría bajo y el ICA en un rango de 0,6 a 0,8 que se ubica en una categoría baja. En general el agua de la Quebrada Sobacuta se encuentra en buenas condiciones de calidad, pero presenta afectaciones que se deben mitigar con herramientas de gestión.

**Palabras clave** — Quebrada Sobacuta, diagnóstico, calidad del agua, Indicadores de calidad, herramientas de gestión.

**Abstract** — The present study -the Diagnosis of the water quality in the Quebrada la Sobacuta located in the Municipality of the Valley of San José- was done by a monitoring plan where three points were selected: upper part, middle part and lower part of the stream to identify the water quality and the situations impacting it along the studied section. The samples were analyzed in the laboratory. Different indices were calculated such as: ICOMO, ICOSUS, ICA and IACAL, which provide sufficient information on the water quality of the stream's section studied. The study determined that there are several problems such as the inadequate management of agricultural production systems, as well as the greater use and management of natural resources. In the application of the indexes, we learned that the water has a slightly neutral pH, an ICOMO index of 0 to 0.5 which means that there is an increase in organic matter due to the low flow rate, for the ICOSUS index. A value of 0 to 0.2 in a low category range and the ICA in a range of 0.6 to 0.8 that is located in a low category. The water of the Quebrada Sobacuta is in good quality conditions, but there are some situations that must be mitigated with management tools avoiding further damage.

**Key words** — Quebrada Sobacuta, diagnosis, water quality, quality indicators, management tools.

<sup>1,2,3,4</sup> Ingeniero Ambiental, UNISANGIL

<sup>5</sup> Ingeniero Químico, Coordinador Laboratorio de Aguas UNISANGIL.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural compuesto por oxígeno e hidrogeno, y en condiciones naturales transporta diversos minerales y materia orgánica. Este es un recurso fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas, que a la vez contribuyen a mantener la riqueza de la biodiversidad del planeta, también es indispensable para las actividades que el hombre realiza tales como la industria, agricultura y ganadería. El presente estudio tiene como objetivo determinar la calidad del agua de la Quebrada la Sobacuta, mediante la caracterización de la microcuenca, la definición e identificación de los Índices de Calidad de Agua, y la formulación de herramientas de gestión y preservación. Es importante conocer la calidad del agua de esta quebrada e identificar los factores que alteran las condiciones óptimas de la misma, por medio de la recopilación de datos históricos y la recolección de información correspondiente, que permita llegar a resultados acertados, para esto se realizaron actividades de muestreo y posteriores análisis de laboratorio, donde se identificó el valor de los parámetros físico químicos de este cuerpo de agua y se determinaron los índices de calidad que se consideran adecuados, con la finalidad de proponer herramientas de gestión y preservación de la fuente hídrica tan importante para el Municipio del Valle de San José, la cual abastece al acueducto municipal [1]. En general la afectación de la calidad del agua se puede expresar como una amenaza al considerar la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

## II. METODOLOGÍA

La metodología para la realización del estudio se basó en la definición de un plan de monitoreo, donde se seleccionaron los puntos: parte alta, parte media y parte baja de la quebrada y corresponde a una investigación de tipo descriptiva con enfoque mixto que consiste en la integración de los métodos cuantitativo y cualitativo, a partir de los elementos que integran la investigación. Por ello, se diseñó un plan de monitoreo con las variables que se caracterizaron y se definieron los indicadores que se usarán para la integración y la interpretación de dichos resultados.

## III. INDICES DE CONTAMINACIÓN

El agua es un recurso fundamental para el desarrollo de la vida. Por esto es necesario implementar programas de monitoreo, para verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones y usos requeridos [2].

En la valoración y evaluación de la calidad del agua, se han empleado diversas metodologías entre las que incluyen: comparación de variables con la normatividad vigente, los indicadores de calidad donde, a partir de un grupo de variables medidas, se genera un valor que califica y cualifica

la fuente y metodologías más elaboradas como la modelación [3].

A continuación, se tratarán a detalle las principales características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua y los límites de concentración establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para consumo humano.

### A. Índice de alteración potencial de la calidad del agua IACAL

Es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica (j) en un periodo de tiempo (t), y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica 1 estimada a partir de una serie de tiempo. [4]

$$IACAL_{jt-año\ med} = \frac{\sum_{i=1}^n c_{atiacal\ ijt-año\ med}}{n} \quad [4]$$

### B. Índice de calidad del agua ICA

Es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables [5].

Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables.

- Oxígeno disuelto
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda química de oxígeno
- NT/PT
- Conductividad eléctrica
- pH

$$ICA_{njt} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \quad [4]$$

### C. Índice de contaminación por materia orgánica ICOMO.

Este índice está conformado por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y el porcentaje de saturación del oxígeno [6]. Estos datos recogen información sobre los distintos efectos de contaminación por materia orgánica.

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{coliformes} + O_{oxígeno\ \%}) \quad [4]$$

**D. Índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS.**

Se determina mediante la concentración de sólidos suspendidos. Este índice podría perfectamente hacer referencia tan solo a compuestos inorgánicos. [7]

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 \text{ Sólidos suspendidos (g/m}^3\text{)} \quad [4]$$

**E. Índices Fisicoquímicas**

A continuación, se presentan aquellas características físicas que se deben tener en cuenta al realizar el análisis de calidad del agua como son: [5]

- Turbiedad
- Color
- Conductividad
- Alcalinidad
- Nitritos- Nitratos
- Sulfato- Fosfatos
- Oxígeno Disuelto
- Dureza
- Coliformes totales
- E. Coli.

**F. Oferta hídrica**

Es aquella porción de agua disponible para ser usada por el hombre una vez que el agua lluvia que recibe la cuenca ha satisfecho los requerimientos de infiltración, evapotranspiración del suelo y de la cobertura vegetal [4].

Para calcular dicha oferta se hace un modelo de software especializado (ArcGis 10.5), donde se tienen en cuenta los siguientes parámetros.

- Precipitación (P)
- Evapotranspiración potencial (ETP)
- Reservas (R)
- Variación de la reserva (VR)
- Evapotranspiración Real (ET)
- Déficit (D)
- Excesos (EX)

**G. Medición del caudal (Q)**

Para la medición del caudal se utilizó el método área-velocidad o flotadores, este método consiste en medir la velocidad del agua en una sección de la quebrada, donde se seleccionó un tramo uniforme, sin piedras ni troncos de árboles, en el que el agua fluyera libremente, sin turbulencia, y fuera recto, para lo cual se seleccionó un trecho con longitud de 1 metro.

**H. Parámetros in situ**

Estos resultados se establecen en el sitio de estudio donde se toman en un tiempo de una hora respectivamente.

**IV. RESULTADOS**

Para la presentación de los resultados se usaron mapas que se realizaron con el programa ArcGis, y se construyeron imágenes en el programa Sketch-up, además de las gráficas y tablas realizadas en el programa Excel y Word.

Para determinar la velocidad de la corriente de la quebrada se procedió a fijar una longitud conocida y se contabilizó por tres veces el tiempo que demora un pimpón desde el punto inicial hasta el punto final del tramo, este proceso se realizó y para determinar el área de la sección de flujo se realizó la batimetría del tramo seleccionado. Ver figura 1.

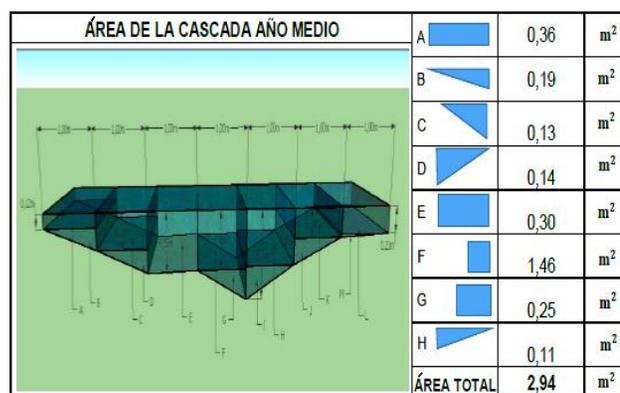


Fig. 1. Cálculo del área aguas arriba de la microcuenca Quebrada la Sobacuta para el año medio.

Los parámetros que se midieron en el sitio fueron: pH, temperatura ambiente, conductividad, oxígeno disuelto. En la Tabla 1 se muestran datos de dichos parámetros.

TABLA 1. DATOS DE CAMPO AGUAS ARRIBA DE LA MICROCUECA EN AÑO MEDIO

AGUAS ARRIBA									
HORA	CAUDAL L/S	pH		T AMBIENTE (°C)	CONDUCTIVIDAD		OXÍGENO DISUELTO		
			T(°C)		(µs/cm)	T(°C)	(mg/l)	(%)	T(°C)
7:00 a.m.	355,677	7,54	17	17,03	63,33	17,03	7,63	97	17,03

Las muestras que se tomaron en los monitores y en cada uno de los puntos seleccionados se analizaron en el Laboratorio de Aguas de UNISANGIL. En la Tabla 2 se muestran algunos datos obtenidos en dichos parámetros.

TABLA 2. RESULTADOS PARAMENTOS FISICOQUÍMICOS AGUAS ARRIBA DE LA MICROCUENCA EN AÑO MEDIO

PARÁMETROS	UNIDADES	AGUAS ARRIBA
Sólidos Suspendedos Totales	(mg/l)	11
Demanda Biológica de Oxígeno	(mg/l)	1,01
Porcentaje de saturación de oxígeno	% saturación	97
Coliformes Totales	(UFC/100 ml)	3.700
Coliformes Fecales	(UFC/100 ml)	100
Fósforo Total	(mg P/l)	0,089
Nitrógeno Total	(mg N/l)	6,85
Demanda Química de Oxígeno	(mg/l)	1,52
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	30
Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /l	28
pH	Unidades de pH	7,54
Temperatura	°C	17
Conductividad	(µs/cm)	63,33
Turbiedad	UNT	9,17
Sólidos Totales	(mg/l)	65
Nitritos	(mg NO <sub>2</sub> /l)	0,013
Nitratos	(mg NO <sub>3</sub> /l)	0,15
Caudal	(l/s)	355,677

Con los resultados obtenidos en el laboratorio se aplicaron las fórmulas para calcular el ICOMO y ICOSUS donde se analizaron los resultados con las categorías de los índices de contaminación por materia orgánica y de contaminación por sólidos suspendidos obteniéndose así, el grado de contaminación de la fuente hídrica en los tres puntos de monitoreo (Aguas Arriba, Aguas Intermedia y Aguas Abajo) en los diferentes tiempos del año (Año Medio, Año Seco, y Año Húmedo), ver Figuras 2 y 3.

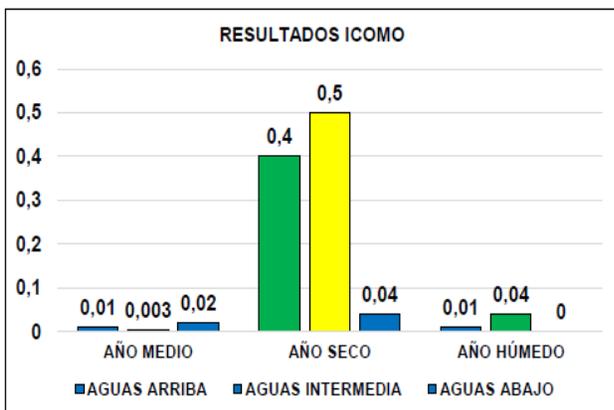


Fig. 2 Resultados ICOMO de la Quebrada la Sobacuta.

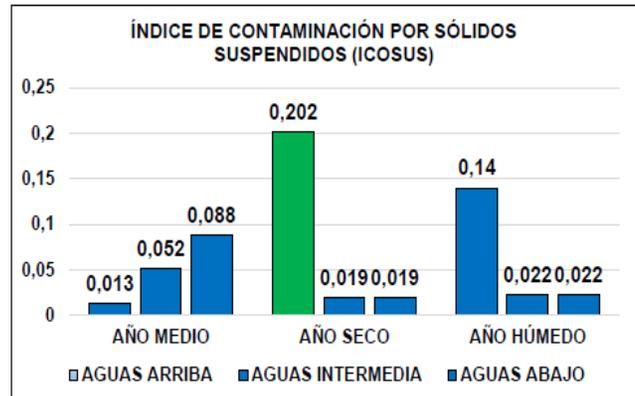


Fig. 3. Resultados ICOSUS de la Quebrada la Sobacuta.

Por otra parte, las Figuras 4 y 5 registran los resultados obtenidos por los índices de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) y el índice de calidad del agua (ICA), que dio a conocer los tres puntos de monitoreo, para el IACAL con unos valores entre (2,8 y 3,5) con una categoría media alta, para el ICA con unos valores entre (0,6 y 0,8) con una clasificación buena.

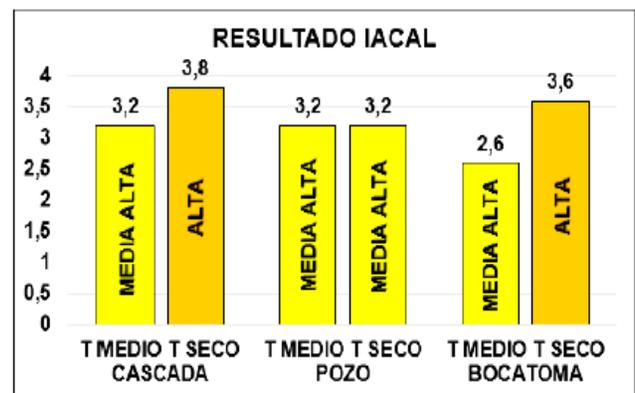


Fig. 4 Resultados IACAL de la Quebrada la Sobacuta.

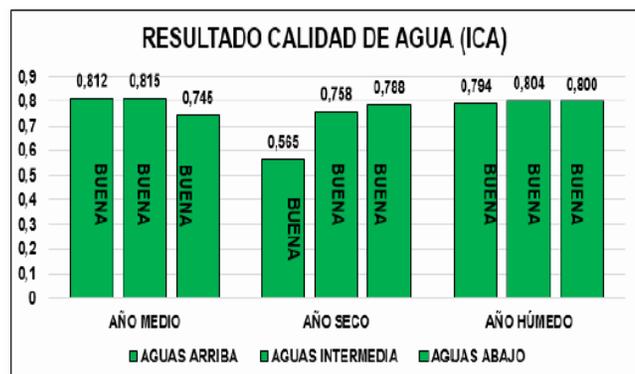


Fig. 5 Resultados ICA de la Quebrada la Sobacuta.

De igual manera, la Figura 6 se observa la lectura de los tres monitoreos realizados en Año Medio, Año Seco y Año Húmedo, donde se puede analizar el promedio de los

caudales que van ascendiendo en cada año y en cada punto de monitoreo.

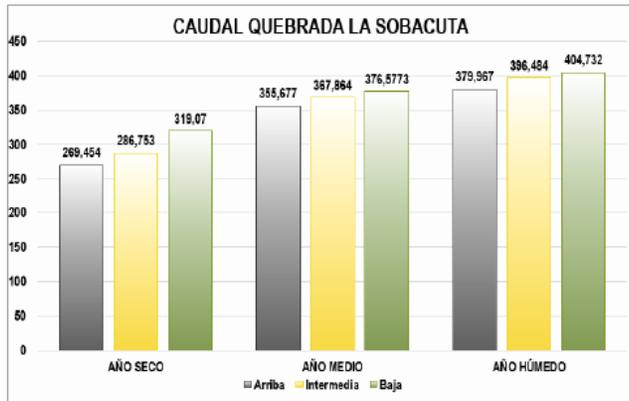


Fig. 6 Comparativo aumento del caudal de la microcuenca.

Herramientas de gestión: Con el fin de mitigar el impacto que las comunidades que viven cerca de la Quebrada están generando sobre la misma, se proponen las siguientes, las cuales se consideran viables y adecuadas:

- Implementar propuestas dirigidas a la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y particularmente del agua de la microcuenca. Para motivar la participación de los centros de educación preescolar, primaria, secundaria y como tal la comunidad del municipio del Valle de San José.
- Conformar comités encargados del manejo de la microcuenca, donde se cumplan con las funciones planificadoras e implementadas dirigido a optimizar el uso del recurso hídrico y proteger la microcuenca.
- Mejorar la calidad y cantidad de agua de la cuenca abastecedora del acueducto municipal del Valle de San José, por medio de planes de manejo.
- Se debe considerar altamente viable la elaboración de un proyecto que garantice la construcción de albercas para el almacenamiento del líquido, para el consumo del ganado.
- Implementar campañas para buscar alternativas sobre los vertimientos de las cosechas de café.
- Se recomienda hacer campañas con la comunidad para implementar una reforestación a las orillas de la quebrada y omitir el paso del ganado, y además, contribuir con la protección de dicho afluente.

## V. CONCLUSIONES

Tomando como referencia los resultados del análisis en desarrollo, se puede identificar que uno de los principales problemas que afectan la comunidad aledaña de la microcuenca Quebrada la Sobacuta son: El manejo inadecuado de los sistemas de producción agropecuaria, mal uso y manejo de los recursos naturales.

Según los análisis de laboratorio, los parámetros de calidad del agua de la microcuenca Quebrada la Sobacuta: Turbiedad de (3 a 81 UNT), coliformes fecales de (2000-27300 UFC/100 ml), escherichia coli de (100 a 300 UFC/100 ml), permite a conocer que están vertiendo aguas negras en los diferentes puntos de monitoreo y en los tres tiempos del año.

La calidad del agua de la Quebrada Sobacuta, de acuerdo a los índices analizados utilizando los datos de los monitores realizados y de los parámetros medidos en general es buena, pero está empezando a presentar afectaciones, las cuales por medio de la implementación de herramientas de gestión como las mencionadas, lograrán disminuir en forma significativa el impacto que las comunidades aledañas a la fuente hídrica provocan sobre ella, asegurando la preservación de la misma que va a beneficiar en primer lugar a dichas personas y en segundo lugar a la población urbana del Municipio del Valle de San José.

## REFERENCIAS

- [1] Alcaldía Municipal del Valle de San José, Santander. Plan de Desarrollo Municipal, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/valledesanjos%C3%A9santanderpd20122015.pdf>
- [2] L. Orjuela, G. Saldarriaga, M. García, H. Wilches. Calidad del agua superficial en Colombia 2010.
- [3] J. D. Molina, F. Castro. Determinación de la calidad del agua mediante parámetros físico químicos y microbiológicos. Universidad Francisco de Paula Santander, 2005.
- [4] Estudio Nacional del Agua (ENA). IDEAM, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/Anexo1.pdf>
- [5] Ramírez, Restrepo y Cardeñoso. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones en: C.T.F ciencia tecnología. vol. 1, No.5. 1999.