

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO MEDIANTE INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO ALGODONAL

EVALUATION OF WATER QUALITY FOR HUMAN CONSUMPTION THROUGH PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS IN THE RIO ALGODONAL

Esp. Rocío Miranda^a, Ing. Royman D. Ramírez^b, MSc. Edgar Antonio Sanchez Ortiz^c

^a Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación MINDALA, Vía Acolsure Sede el Algodonal, Ocaña - Norte de Santander, Colombia, ramirandas@ufpso.edu.co

^b Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación MINDALA, Vía Acolsure Sede el Algodonal, Ocaña - Norte de Santander, Colombia, roiman17@outlook.es

^a Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación INGAP, Vía Acolsure Sede el Algodonal, Ocaña - Norte de Santander, Colombia, direccion@ufpso.edu.co

Fecha de recepción: 11-12-2015

Fecha de aprobación: 10-05-2016

Resumen: Se realizó un estudio fisicoquímico y microbiológico en cinco estaciones (E) del río algodonal, entre los municipios de Abrego y Ocaña. El objetivo fue evaluar la calidad del agua para consumo humano a partir de la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO/Col), para su comparación con los estándares nacionales e internacionales de calidad contemplados (Decreto 1594 de 1984), la OMS (1996) y resolución 2115 de (2007); referente a la destinación del recurso para el consumo humano. Se tomaron muestras simples e integradas para evaluación de parámetros fisicoquímicos, parámetros de plaguicidas (Carbamatos, organofosforados y Organoclorados) y parámetros microbiológicos (Coliformes fecales y *E.coli*).

Los resultados fisicoquímicos no mostraron concentraciones por encima de los valores máximos permitidos en la normatividad. No se determinó contaminación por mineralización (ICOMI), por materia orgánica (ICOMO) en las estaciones evaluadas. Se encontró baja afectación por sólidos suspendidos (ICOSUS) en estaciones E1 y E2, periodo de menos lluvias.

Se concluye que la fuente de agua río algodonal, en los tramos evaluados, es apta para tratamiento convencional de potabilización. Sin embargo, presenta restricciones para fines recreativos mediante contacto primario.

Palabras clave: contaminación del agua, índice de calidad del agua, plaguicidas, Río Algodonal, valoración de la calidad del agua, Vertimientos domésticos.

Abstract: A physiochemical and microbiological study was done in five seasons of the Algodonal river, between the municipalities of Abrego and Ocaña. The objective was to evaluate the quality of water for the human consumption with the levels of water contamination (ICO/Col) for its comparison of national and international standard contemplated by (Decree 1594 of 1984), the OMS (1996) and resolution 2115 of (2007); concerning the destination of its resources for human consumption. Simple samples were taken for its physiochemical parameters, Pesticides parameters (carbamates, organophosphorus, and organochlorine) and microbiological parameters (fecal coliforms, and Coli).

The physiochemical results did not show concentrations over the maximum permitted values in its normativity. No contamination was determined for mineralization (ICOMI), for organic material (ICOMO) during the evaluated seasons. Low affectations were also found for its suspended solids (ICOSUS) during season S1 and S2, periods of less rain.

It can be concluded that the water of Algodonal river, during the evaluated period, is suitable for conventional potabilisation treatment. Although, it also shows certain restrictions through its recreated primary contact.

Keywords: Water contamination, water quality, pesticides, Algodonal river, Water assessment, The domestic discharge of untreated water.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural fundamental e insustituible, sin el cual no es posible la vida, ni la actividad del hombre (Hanssen, 1996); necesario para el funcionamiento de los procesos biológicos y ambientales ecosistémicos e imprescindible para el Desarrollo individual, social y económico en el marco de la sostenibilidad, como lo son las actividades socioeconómicas asociadas con su aprovechamiento en los diferentes usos (consumo humano, producción de alimentos, industrial, recreacional y demás).

El agua del Río Algodonal es considerada como la principal fuente abastecedora de agua para la Población de los municipios de Abrego y Ocaña del Norte de Santander, fuente hídrica susceptible a procesos de contaminación hídrica, sobre el cual se viene ejerciendo una fuerte

presión sobre su calidad, ya que es el cuerpo receptor de todo tipo de vertimiento sin ningún tipo de tratamiento previo. Es decir, una cloaca donde las aguas residuales o vertimientos generados por las comunidades y por el sector productivo vierten directamente al Río Algodonal factores causantes de la contaminación que trae consigo alteración y/o deterioro de la calidad con afectación indirecta a la salud pública y al desarrollo y funcionamiento de los ecosistemas. De acuerdo al argumento anterior, es necesario el análisis de la calidad físico-química y microbiológica del Río Algodonal mediante muestreos periódicos cuyos resultados se conviertan en un insumo técnico para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes responsables de garantizar condiciones óptimas de calidad al recurso con el fin de responder a las necesidades

de acceso al agua potables y de saneamiento.

Tal como lo afirma Sierra (2011), La actual problemática socio ambiental en el marco de la gestión del recurso hídrico es la afectación a la calidad físico, química y microbiológica del agua de las cuencas abastecedoras de agua en Colombia, asociada a los impactos generados por los vertimientos de aguas residuales domésticas, vertimientos de las actividades de explotación minero-energética, sistemas de producción agropecuaria insostenible y el manejo inadecuado y transporte de sustancias peligrosas; donde las corrientes hídricas se ha convertido en el cuerpo receptor de los efluentes generados por el hombre en el desarrollo de sus actividades.

A nivel local el sistema productivo de los municipios de Abrego y Ocaña se basa en la producción agrícola en un alto porcentaje, además de la producción pecuaria soportada en el uso indiscriminado de Productos químicos altamente tóxicos (agroquímicos, pesticidas, productos químicos veterinarios, y demás) cuyo escurrimiento vierte directamente. Además, el río Algodonal cumple la función de cloaca (cuerpo receptor) de las aguas residuales generadas por la población de los municipios Abrego, La Playa de Belén, el corregimiento de La Ermita, Ocaña y la zona rural, pues, ninguno cuentan con un sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales y por ende dichos efluentes vierten directamente a la fuente hídrica, afectando su calidad microbiológica.

Es importante resaltar que la carga contaminante de materia orgánica producto de las aguas residuales tanto urbanas como vertimientos del sector rural sin ningún pre-tratamiento generan impactos en la lámina de agua, tal como lo afirma Lozano G., Pulido M., y Álvarez J. (2010):

“el continuo e impecable vertido de aguas residuales debido a los usos del agua en las cuencas hidrográficas conlleva a la degradación de los ríos en muchas cuenca en el mundo, a pesar de los esfuerzos por la descontaminación de las aguas residuales en las cuencas, ya que estos no han sido coordinados dentro de una valoración integral de acuerdo a con las condiciones en muchas de estas cuencas” P. (82).

De acuerdo a Sierra (2011), En análisis de calidad del agua es necesario definir variables de evaluación dependiendo el uso del agua, lo que se desea controlar y han de definirse los medios y recursos disponibles para hacerlo. Razón por la cual se debe estar monitoreando y evaluando constantemente los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua para consumo humano (agua potable)) donde se garantice a las poblaciones agua apta para consumo. (Ministerio de la Protección Social. Resolución N° 2115 de 2007). Lo anterior desde este punto de vista, constituye el camino hacia la calidad de vida de las poblaciones en coherencia con el objetivo de desarrollo del milenio: “Garantizar la sostenibilidad del Medio Ambiente” (PNUD, 2000), y el cumplimiento del derecho¹: *Los colombianos y colombianas tenemos derecho a disfrutar de un ambiente sano.*

Instituciones de carácter Mundial como es el caso de la Unión Europea (UE) socialmente responsables tienen establecido límites permisibles para plaguicidas en agua para consumo humano por ejemplo para un plaguicida individual

¹ Constitución Política de Colombia 1991, en el Art. 79. Quinta Edición, 2000. Legis Editores S.A. ISBN 958-653-101-5

es de 0,1 $\mu\text{g/L}$ y para el total de plaguicidas presentes es de 0,5 $\mu\text{g/L}$, independientemente de la naturaleza de los mismos (Flores, Molina, Balza, Benítez y Miranda, 2011).

De acuerdo a lo anterior, la evaluación de la calidad del agua del Río Algodonal para consumo humano es de suma importancia para garantizar bienestar en los ocañeros y abreguenses, ya que a través de esta investigación, tal como argumenta el MAVDT (2010) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) en la Política Nacional Gestión Integral del Recurso Hídrico, se define el aspecto de Calidad del recurso hídrico para consumo humano, el cual exige de un monitoreo y valoración de la calidad de la misma, integrando etapas de: muestreos en puntos estratégicos del río a intervalos de tiempos bajo regulación con el fin de obtener datos con veracidad que se utilizan para determinar las condiciones de calidad actuales del sistema hídrico (causa-efecto) mediante la interpretación y reporte de resultados; lo cual permitirá recomendar y establecer tendencias de control, protección y conservación del recurso, análisis, evaluación y valoración de parámetros de calidad de acuerdo a estándares a nivel nacional (Decreto N° 1594 DE 1984, Decreto N° 3930 del 2010, Reglamento Técnico Agua Potable, Ley N° 715 de 2001, Resolución N° 2115 de 2007) e internacional (Lineamientos internacionales de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA y Standard Methods, edición 21 del 2005).

2. METODOLOGÍA

La investigación es de carácter Explicativa soportada en el análisis cuantitativo de los resultados de parámetros físico químico y microbiológico evaluados en el curso de Río Algodonal en el tramo Abrego Ocaña, Norte Santander, en un periodo estimado

de siete (7) meses con tres muestreos aleatorios definidos siguiendo los periodos de más y menos lluvias.

2.1. Descripción del Área.

El AID (área de Influencia directa del Proyecto) corresponde a un sector en la parte media de la cuenca del río algodonal, entre los municipios de Abrego y Ocaña. La cuenca se encuentra localizada en el flanco oriental de la cordillera oriental, al occidente del departamento de norte de Santander, e incluye territorio del departamento del Cesar, específicamente de los ríos de Gonzales y Río de oro. (Organización Promotora Medio Ambiental 2008, p. 19).

La unidad de análisis y muestreo comprende un tramo evaluado de 30,27 km desde el punto de conformación del río algodonal, en la confluencia del Río Frío y Río Oroque (E1), ubicado en zona rural del municipio de Abrego, hasta alcanzar la estación cinco (5) de muestreo aguas arriba de la Torre de captación y conducción a la planta potabilizadora del Municipio de Ocaña, norte de Santander. Tal como se muestra en la figura 1. La georreferenciación con los puntos de muestreos definidos en la unidad de análisis se presenta en las coordenadas planas en la tabla 1.

Para distribuir las distancias entre estaciones se siguió la metodología propuesta por el IDEAM, (2006); No obstante, se consideró también el argumento de Ramírez C. A., (2011) quien afirma que para establecer y distribuir el número de segmentos con el propósito de hacer un diagnóstico de la calidad del agua actual debe tenerse en cuenta:

“Cuando un vertimiento o tributario se considera que puede afectar la calidad del agua debe establecerse otro segmento” (p.147)

2.2. Métodos

Se Realizó un muestreo trimestral a partir de Marzo de 2016 durante siete (7) meses,

The Examination Of Water And Wastewater, 22th, Edition, (2012).

Para la cadena de custodia, las muestras recolectadas y debidamente rotuladas se conservaron a 4 °C en cavas de hicopor

Tabla 1. Geo localización de Estaciones de Control

Punto de Muestreo	Localización	Geográficas		Altitud (m.s.n.m)
		Latitud	Longitud	
Estación 1 (E1)	Nacimiento Río Algodonal	8°4'51,8"	73°12'02,4"	1373
Estación 2 (E2)	Hasta 100 m. aguas arriba de la laguna oxidación de Abrego.	8°5'47"	73°13'10,2"	1337
Estación 3 (E3)	Hasta 100 m. aguas abajo de laguna oxidación de Abrego	8° 5' 43.2"	73° 13' 19,2"	1357
Estación 4 (E4)	Punto San Luis	8°11'26,4"	73°18'54,2"	1249
Estacion 5 (E5)	Hasta 500 m. Aguas arriba de la torre de captación de Ocaña.	8°12'04"	73°19'08"	1231

**Fu
ent**

e: Elaboración propia

Tomando un muestreo aleatorio en las cinco (5) estaciones definidas para las temporadas estacionales de más lluvias y menos lluvias típicas de la región. Para realizar el muestreo fisicoquímico y microbiológico se tomaron muestras puntuales e integradas en cada estación definida de acuerdo al procedimiento establecido por la EPA (2005) (Environment Protection Agency), el INS (2011) (Instituto Nacional de Salud); Los cuales estandarizan procedimientos para la evaluación de variables en cuerpos lóticos de agua dulce.

La conservación de las muestras se realizó de forma *in situ*, siguiendo la tabla "técnicas de preservación de muestras" estandarizada en los Standard Methods For

Hasta el ingreso al laboratorio Así mismo para evitar filtraciones y derrames de la muestra, los frascos se sellaron con tapa hermética y se embalaron con cinta de enmascarar, cartón y cinta transparente.

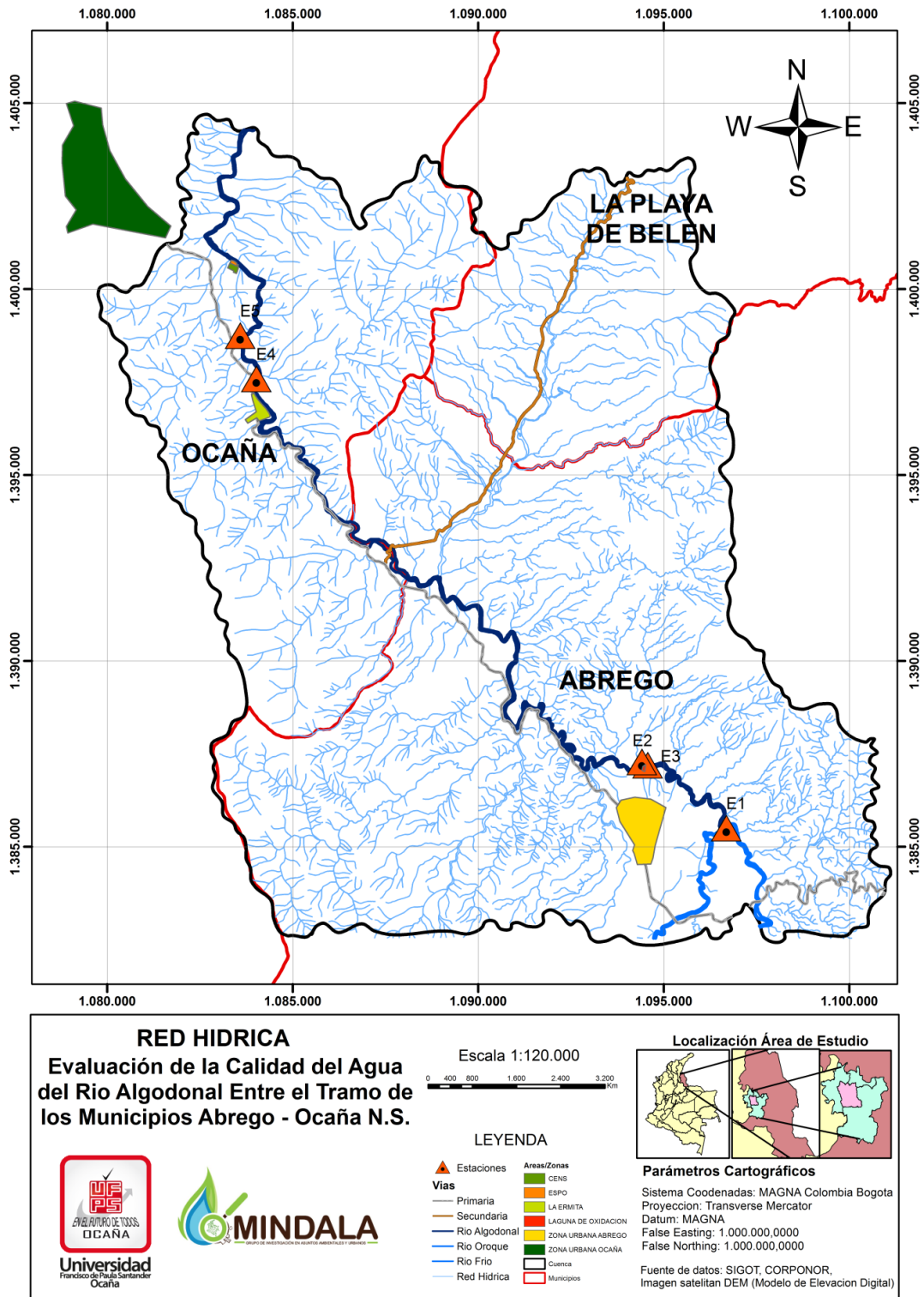


Figura 1. Red Hídrica de la Zona de estudio
 Fuente: Observatorio Socioeconómico y Ambiental, UFPSO.

Las variables fisicoquímicas y microbiológicas que se contemplaron en el plan de muestreo para evaluar la calidad de agua para consumo humano del Río

Algodonal se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Variables Físico-químicas y Microbiológicas del agua.

PARAMETRO FISICO-QUIMICO MICROBIOLOGICO	LIMITE DE DETECCION*	METODO
Ph, Temperatura	0.1/5.0	SM 4500.H+B, 2550-B
Color	-	SM 2120 C
Turbiedad	-	SM 2130B
Alcalinidad Total	6,24 mg/L	SM 2320 B
Potencial De Hidrogeno	Unidades de pH	Electrométrico
Conductividad	1000 uS/Cm	Electrométrico
Oxígeno Disuelto	0.2 mg/l	% SATURACION
DBO5	<11,5 mg/L	APHA-AWWA
DQO	<23,8 mg/L	APHA-AWWA
Sólidos Totales	26,6 mg/L	Gravimétrico
Sólidos Suspendidos	10,6 mg/L	Gravimétrico
Alcalinidad Total	6,24 mg/L	SM2320B
Coliformes Totales	-	SM 9223 B
Coliformes Fecales - E-Coli	0 UFC/100 ml	SM 9223 B
Dureza Total	-	SM 2340 C
Grasas Y Aceites	0.58	SM 5520 B
Nitritos	<0,02mg/L	SM 4500-NO2 B
Nitratos	10 mg/L	Fotométrico
Cloro Libre	1,05 mg/L	SM 4500-NO3 B
Organoclorados	0.03 ug	EPA 3510C-EPA 8081 B
Organofosforados	0.03 ug	EPA 3510C-EPA 8141 B
Carbamatos	ppb	GC M/SIM

* Los límites de detección del laboratorio contratado certificado por el IDEAM

Fuente: APHA, AWWA, WPF edición 21 (2005).

2.3. Tratamiento de la Información.

Con los resultados de laboratorio se determinaron en las estaciones y periodos de muestreo cinco (5) índices de contaminación propuestos por Ramírez y Viña (1998-1999), a través del software ICATEST V1.0 Fernández et al., (2004), Como fueron: ICOMI (Índice de Contaminación Por mineralización); ICOSUS (Índice de Contaminación por Sólidos suspendidos), ICOpH (Índice de Contaminación por pH), ICOMO (índice de contaminación por Materia Orgánica). Este

Se determinó en forma manual; e ICOTEMP (índice de contaminación por temperatura). Este último, solo se evaluó en la E3 con base a la temperatura del vertimiento de la laguna de estabilización de Abrego reportado en los estudios del Instituto Colombiano del Petroleo, (2011).

Los resultados de los índices se comparan en una tabla con puntos de corte la cual asigna un rango numérico de cero (0) a uno (1). El grado de contaminación del agua se clasificará en orden ascendente en una de

Las cinco categorías de contaminación identificadas con un tipo de color.

A cada conjunto de datos se realizaron análisis estadísticos descriptivos para conocer las medidas de tendencia central y las medidas de variabilidad. El comportamiento observado se representó en gráficas de Histogramas y líneas con marcadores para diferenciar los puntos de quiebre. Para seleccionar las variables fisicoquímicas más significativas para analizar criterios de calidad del agua, se realizó el análisis de correlación de Pearson.

Los resultados del análisis Bacteriológico se representaron en Diagramas Box-plot (cajas y bigotes) que permite observar gráficamente la tendencia de agrupación del 25%, 50% y 75% de los datos y presentar los valores atípicos del muestreo. Los análisis estadísticos fueron realizados Utilizando los paquetes de Software estadísticos PAST ® versión 3.13 y SPSS Versión 23.

3. RESULTADOS

La tabla 3 muestra el resultado de los ICOsEvaluados evaluadas entre las estaciones en los periodos de más y menos lluvias. Ninguna de las estaciones presentó contaminación por mineralización, por cambios significativos en el pH atribuido a la eutrofización del sistema, ni tampoco se contaminación por exceso de materia orgánica Sin embargo, se observaron en todas las estaciones condiciones de baja contaminación por solidos suspendidos, posiblemente por las intervenciones antrópicas (actividad agrícola, pecuaria y el vertimiento de aguas residuales domésticas) que modifican el equilibrio iónico del agua. De forma puntual en el

tiempo, el nivel bajo de contaminación por sólidos suspendidos para el primer muestreo, puede estar asociado a las escorrentías derivadas de las lluvias y para el segundo muestreo, a los menores caudales propios de la época seca del año.

En términos de calidad, el río algodonal presenta condiciones de muy buena calidad del agua en todas las estaciones de muestreo si se consideran únicamente variables relacionadas a procesos de mineralización, cambios de pH y concentración de materia orgánica. Estos resultados presentan una evolución en la calidad del agua respecto a los obtenidos en las diferentes estaciones definidas a lo largo del río algodonal en el monitoreo realizado por la Organización Promotora Medio Ambiental, (2008); quienes encontraron niveles de contaminación por materia Orgánica muy alto (pésima calidad) en los puntos: la Hamaca, Km23, Guayabal, San Luis y aguas arriba de la confluencia del río algodonal y el río Tejo. Igualmente, encontraron niveles muy bajos de contaminación por sólidos suspendidos. Excepto en el punto la hamaca o, para el presente estudio, cercano al punto (E3) lo cual indica una tendencia sostenida de contaminación aguas abajo de la laguna de estabilización de Abrego.

La condición de baja contaminación por sólidos suspendidos repetidos en todas estaciones, significa que el río no se alcanza a recuperar completamente del aporte constante proveniente de los vertimientos de aguas residuales y domésticas.

El diagrama de cajas y bigotes para coliformes fecales (figura 2) toma los datos reportados como >1100 NMP/100 mL para Establecer la base del valor mínimo. También registra que el valor máximo con

un 95 % de confianza se encontró en el punto de nacimiento del río algodonal (E1) con 5400 NMP/100 mL. Adicionalmente, la gráfica manifiesta valores atípicos aguas arriba de la bocatoma de ESPO S.A (E5) con 16000 NMP/100 mL. Es probable que estos valores se deban a una lluvia

repentina que provocaron interferencias en el

muestreo Microbiológico por una crecida súbita del caudal del río, traducido en mayor concentración de material en suspensión y material de arrastre del fondo

Tabla 3. Resumen de promedios de índices de contaminación por estación de muestreo

Índice de contaminación	Promedio por Estación									
	Est. 1		Est. 2		Est. 3		Est.4		Est.5	
	(+Ll)	(-Ll)	(+Ll)	(-Ll)	(+Ll)	(-Ll)	(+Ll)	(-Ll)	(+Ll)	(-Ll)
ICOMI	0,051	0,033	0,051	0,032	0,052	0,033	0,052	0,038	0,064	0,044
ICOSUS	0,316	0,184	0,25	0,19	0,271	0,244	0,244	0,205	0,295	0,244
ICOMO	0,061	0,095	0,016	0,144	0,071	0,162	0,016	0,12	0,014	0,161
ICOpH	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	0,11	0,004	0,005	0,002	0,008
ICOTemp	NA		NA		0,302		NA		NA	

Fuente: Elaboración Propia

Y márgenes del río. Por otra parte el diagrama de cajas y bigotes para la evaluación de *E. coli* entre las estaciones y periodos de muestreo (figura 3) presenta un resultado mínimo de 130 NMP/100 mL monitoreado en el punto Aguas arriba de la bocatoma de ESPO (E5). Así mismo demuestra que el 25 % de los resultados oscilan entre 330-750 NMP/100 mL y que el 50% de los resultados, se ubican posiblemente sobre la media de 945 NMP/100. En términos de calidad, la concentración promedio de *E. coli* entre las

Contaminación por carga orgánica en el río

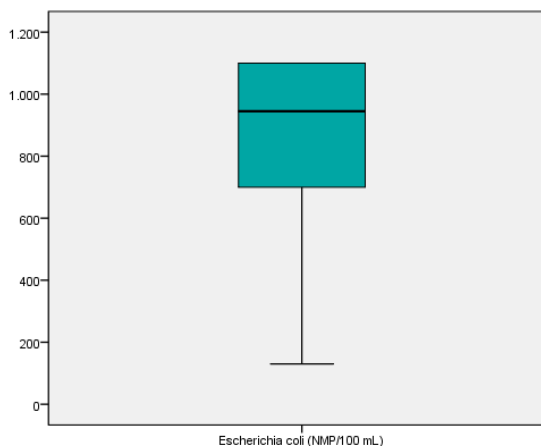
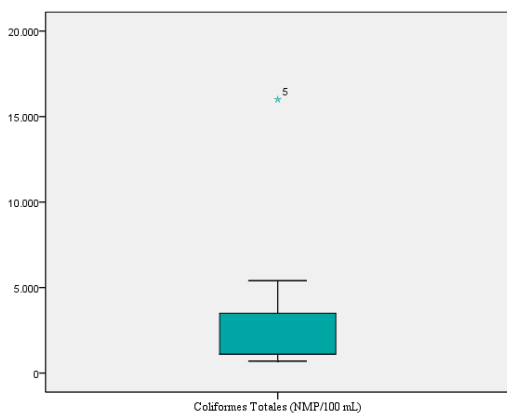


Figura 2. Diagrama Box-Plot para *E.coli*

Algodonal que supongan condiciones rigurosas de desinfección.

Los plaguicidas evaluados presentaron concentraciones a nivel de trazas en todas las estaciones evaluadas durante los dos muestreos. Ninguna de estas variables superó el límite de detección del equipo del laboratorio acreditado. En la evaluación de los compuestos de ortofosfatos se obtuvo una concentración máxima de 0,23 en la E4 (punto san Luis) durante la temporada de más lluvias. Por



estaciones no es representativa de alta

Figura 3. Diagrama Box-Plot Col. Totales

tanto, las concentraciones de plaguicidas basadas en los valores teóricos de los límites de detección y el reporte máximo ortofosfatos, están por debajo de los valores máximos permisibles exigidos en los numerales 1,2 y 3 del parágrafo 1 y 2, artículo 8° de la resolución 2115 de 2007 (0,1-0,001 mg/L) y la OMS (1996) (0,5µg/L). Entendidos como el total de plaguicidas presente.

4. CONCLUSIONES

La mayoría de variables Fisicoquímicas y Microbiológicas estudiadas registraron un comportamiento estable entre periodos de estudio y estaciones de muestreo. Se evidenciaron resultados inferiores en temporada de más lluvias por la dilución natural de contaminantes. Ninguna de los parámetros fisicoquímicos estuvo por encima de los valores máximos permitidos en el capítulo IV decreto 1594/84 “de los criterios de calidad para destinación del recurso para consumo humano” e indican que la fuente de agua es apta para un tratamiento convencional de potabilización. Sin embargo, con base a los análisis bacteriológicos, el río algodonal presenta restricciones para fines recreativos mediante contacto primario.

Los Índices de contaminación mostraron que no existe “ninguna contaminación” (buena calidad del agua) por materia Orgánica (ICOMO), por Mineralización (ICOMI) por eutrofización y cambios bruscos en el pH del agua (ICOpH) en todas las estaciones monitoreadas en los dos periodos de estudio. Pero se encontró baja contaminación (buena calidad del agua) por sólidos suspendidos (ICOSUS) en todas las estaciones para la época de menos lluvias. Por tanto, las condiciones fisicoquímicas que se dan en la lámina de agua son adecuadas para el establecimiento y desarrollo de la biota acuática.

Las concentraciones actuales de plaguicidas en el río algodonal no demostraron niveles altos de contaminación. No se puede hablar de efectos perjudiciales en la salud de los habitantes que se abastecen de la fuente por exceso de plaguicidas en el agua.

5. REFERENCIAS

(American Public Health Association. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (21 ed.). (P. C. Federation, Ed.) New York, Estados Unidos: Americas Water Works Association.

Cantera Kindz, J. R., Carvajal E, Y., & Castro H, L. M. (2009). *Caudal Ambiental: Conceptos, Experiencias y Desafíos*. (U. d. Valle, Ed.) Cali, Valle, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.

Evaluación y Valoración de la calidad del agua para consumo humano del río algodonal entre los municipios de Abrego y Ocaña, Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Facultad de Ciencias agrarias y del ambiente. Ocaña: Programa editorial UFPSO.

Métodos de Colecta, Identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. (2014). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Departamento de Limnología e ictiología. Lima: Programa editorial del Ministerio de Ambiente del Perú.

NSF: Casos Ríos Cali y Meléndez. Universidad del Valle, Valle. Cali:

Departamento dde Producción e
investigación de Operaciones.

Ramírez, A., & y Viña, G. (1998).
Limnología Colombiana. Aportes a sus
conocimientos y Estadísticas de Análisis.
(F. U. Lozano, Ed.) Bogotá, D.C,
Colombia: BP.

Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua.
Evaluación y Diagnóstico* (1 ed.). (L. D.
Escobar, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia:
Ediciones de la U.