

INCIDENCIA DEL RÍO BOGOTÁ EN LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO MAGDALENA, MUNICIPIO DE FLANDES (TOLIMA)

Oscar Efrén Ospina Zúñiga¹ , Francisco Javier Murillo Vargas², Margie Karina Toro³

Recibido: 9 de junio de 2016, Aceptado: 3 de diciembre de 2018, Actualizado: 26 diciembre 2018

DOI: 10.17151/luaz.2019.47.7

RESUMEN

La cuenca del río Bogotá está considerada como la más contaminada de Colombia, producto de la descarga de aguas residuales de una población superior a 7 millones de habitantes; aguas que al desembocar en la margen derecha del río Magdalena —principal arteria fluvial nacional— deterioran su calidad y ponen en potencial riesgo la salud de una vasta población de la región central del país que se abastece de esta fuente hídrica para consumo humano, riego y contacto primario. En esta investigación se evaluó la incidencia del río Bogotá en la contaminación microbiológica del río Magdalena que sirve de fuente de abastecimiento del acueducto urbano del municipio de Flandes, departamento del Tolima, durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño entre 2015-2016. Se realizaron muestreos en 4 puntos estratégicos a partir de ensayos microbiológicos efectuados en el tramo del río Magdalena, comprendido desde antes de la desembocadura del río Bogotá hasta la captación del acueducto urbano de Flandes, durante dos temporadas diferentes: la seca en el mes de febrero de 2016 y de lluvia en abril de 2016. Se concluyó que es una fuente de abastecimiento muy deficiente para consumo humano a partir de la contaminación microbiológica que le incorpora el río Bogotá, en especial en temporada seca, incidiendo en la calidad del agua captada por el acueducto de Flandes que puede llegar a implicar riesgo a la salud, requiriéndose a corto plazo la incorporación de nuevos procesos en su sistema de tratamiento para garantizar la remoción de la carga microbiológica.

PALABRAS CLAVE

Agua, calidad microbiológica, riesgo, salud.

IMPACT OF THE BOGOTÁ RIVER ON THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF THE WATER OF THE MAGDALENA RIVER, MUNICIPALITY OF FLANDES (TOLIMA)

ABSTRACT

The basin of the Bogotá River is considered the most polluted basin in Colombia due to the discharge of wastewater from a population of over 7 million inhabitants. These waters that flow into the right bank of the Magdalena River -the main national fluvial artery- deteriorate their quality and potential putting at risk the health of a vast population of the central region of the country that is supplied with this water source for human consumption, irrigation and primary contact. This research evaluated the impact of the Bogotá River in the microbiological contamination of the Magdalena

River that serves as a source of supply for the urban aqueduct in the municipality of Flandes, Department of Tolima, during the occurrence of El Niño phenomenon between 2015 and 2016. Samplings were completed at 4 strategic points from microbiological tests carried out in the Magdalena River section containing the area before the mouth of the Bogota River to the catchment of the urban aqueduct of Flandes during two different seasons, the dry season in the month of February 2016, and the rainy season in April 2016. It was concluded that it is a very poor source of supply for human consumption based on the microbiological contamination that the Bogota River adds especially in the dry season, affecting the quality of the water collected by the aqueduct of Flandes that may imply a health risk, requiring the incorporation of new processes in its treatment system in a short-term to guarantee the removal of the microbiological load.

KEY WORDS

Water, microbiological quality, risk, health.

INTRODUCCIÓN

Para lograr la potabilización del agua es preciso someterla a varios procesos que comprenden clarificación, desinfección y acondicionamiento químico y organoléptico (Muñoz et al., 2011); sin embargo la contaminación y la imposibilidad económica de acceder a sistemas eficaces de saneamiento, únicos medios capaces de proporcionar protección contra las enfermedades especialmente aquellas de tipo gastrointestinal transmitidas a través del agua, son la causa de millones de muertes infantiles cada año en países en desarrollo (Ospina y Ramírez, 2009). Los microorganismos que pueden incorporarse en el agua —denominados coliformes totales— son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo, los animales y los humanos. De acuerdo con Vargas (2000) son “bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas y de forma alargada que desarrollan una colonia roja con brillo metálico” (p.4). Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, definidos como bacterias presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos (también conocidos como coliformes termotolerantes); aproximadamente el 95 % del grupo de los coliformes presentes en heces fecales están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella* (Cabrera et al., 2005).

En Colombia es común el uso de los ríos como receptores de aguas residuales sin tratar, las cuales se utilizan posteriormente para diferentes actividades de tipo doméstico o agrícola (Alarcón et al., 2005). El río Magdalena es la principal arteria fluvial de Colombia (Restrepo, 2005) y su uso se da para consumo humano y riego entre otros, en especial en la región central y el norte del país. Recibe varios afluentes que aumentan su caudal y modifican sus condiciones de calidad de agua como es el caso del río Bogotá por ser de los más contaminados de Colombia, producto de la descarga de aguas residuales en su cuenca de más de 7 millones de personas en un recorrido aproximado de 313 km por 46 municipios (CAR, 2012).

Esto representa altos niveles de contaminación, en especial por microorganismos tóxicos y desechos industriales con contenidos de metales pesados, cuyo impacto requiere ser evaluado para determinar el nivel de riesgo que ello implica en la calidad de agua que se utiliza para consumo humano. Aguas abajo de la desembocadura del río Bogotá en el Magdalena la captación del sistema de acueducto urbano de Flandes (Tolima) es la más cercana, localizada aproximadamente a 1120 metros, y más abajo está la captación del municipio de Nariño (Cundinamarca) a una distancia superior a 30 kilómetros.

El río Bogotá presenta manifestaciones de contaminación acuática en todos los órdenes: contaminación por patógenos; por materia orgánica; eutrofización y por sustancias altamente tóxicas (CIACUA, 2003); manifestadas por metales pesados y residuales de agroquímicos, en especial plaguicidas, que imposibilitan mediante sistemas de tratamiento convencional su remoción; descargando en el río Magdalena donde ocurre el proceso de dilución que conjugado con la carga contaminante que este trae puede coadyuvar a elevadas concentraciones que ponen en riesgo la salud pública de la población de Flandes, si se tiene en cuenta la proximidad de esa captación a dicha desembocadura.

Fuente: POT municipio de Flandes.

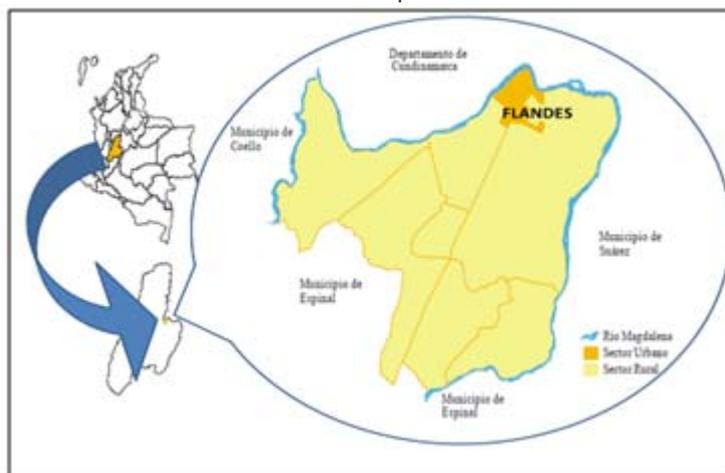


Figura 1. Localización general del municipio de Flandes, departamento del Tolima.

La relativa proximidad de la captación del acueducto urbano de Flandes a la descarga del río Bogotá (figura 2) fue evaluada para determinar el nivel de riesgo al que puede estar expuesta su población urbana residente y flotante, conformada por 13248 suscriptores de acueducto (SUPERSERVICIOS, 2015) que corresponden a una población superior a 25000 habitantes. La calidad de agua del río Magdalena, única fuente de abastecimiento para consumo humano en diversas zonas del país, es significativamente mayor comparada con la del río Bogotá (CAR, 2012). La concentración de microorganismos y algunos metales pesados, DBO, DQO y SST de esta fuente hídrica, es tan elevada que al diluirse en el río Magdalena puede llegar a implicar un impacto ambiental hasta el punto de superar el sistema de tratamiento de Flandes y estar presente en el agua para consumo.

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.



Figura 2. Localización de la desembocadura del río Bogotá y captación del acueducto de Flandes.

La contaminación microbiológica del río Bogotá va en aumento a lo largo de su recorrido, y presenta concentraciones elevadas de organismos patógenos en su desembocadura, con valores superiores a 100000 E-coli (NMP) (Camacho, 2013) (figura 3) que de forma permanente ingresan al río Magdalena.

Fuente: Camacho (2013).

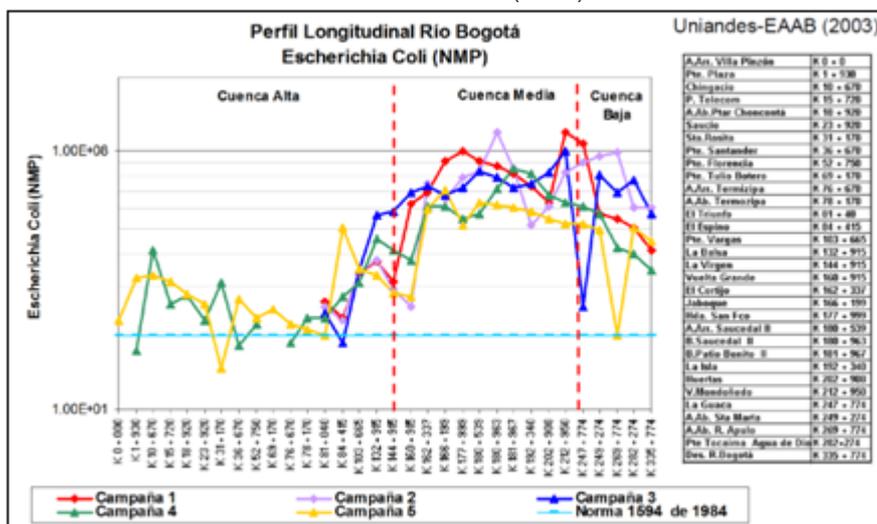


Figura 3. Contaminación por organismos patógenos en el río Bogotá.

Según la Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios (2013) la calidad de potabilización y tratamiento de las aguas del río Magdalena es muy baja, lo que aumenta el riesgo de afectar la salud y la vida por el consumo de estas aguas sin el tratamiento adecuado; que en el 22 % de los municipios ha podido verificarse mediante estudios. Las condiciones de potabilización del agua (que deben cumplirse con la Resolución 2115 de 2007) para el caso de Flandes están supeditadas a una planta de tipo convencional con procesos de coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección cuya eficiencia de remoción puede ser vulnerable para elevadas concentraciones de contaminantes.

Fuente: fotografía por parte de los autores.



Figura 4. Captación del sistema de acueducto de Flandes en el río Magdalena.

Para el municipio de Flandes el régimen de precipitaciones registradas en promedio es de tipo bimodal; con dos períodos húmedos comprendidos entre los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre, con picos en abril y octubre (FONADE, 2013). El último bimestre de 2015 y primer cuatrimestre de 2016 se vieron afectados por el fenómeno de El Niño, caracterizado como el segundo más fuerte en la historia, con un déficit de lluvias en abril cercano al 40 % (IDEAM, 2016).

De acuerdo con Domenech (2002) los tramos de fuentes de agua superficial donde existan aprovechamientos destinados a abastecimiento se clasifican en tres categorías según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización: A1, A2 y A3 que, y con base en las características de calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, se describen en la [tabla 1](#).

Tabla 1. Características de calidad microbiológica de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Categoría	Contaminación microbiológica (NMP/100 ml)	
	Coliformes totales	Coliformes fecales
A1	50	20
A2	5000	2000
A3	50000	20000

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente de España (2000).

El tratamiento para la potabilización del agua se define de acuerdo a la categoría obtenida, que a nivel internacional es de: para fuentes de tipo A1 solo precisa un tratamiento físico y desinfección; las de tipo A2 requieren un tratamiento físico, químico y desinfección; las de tipo A3 necesitan un tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección (Domenech, 2002). El afino se obtiene a partir de carbón activado. A nivel nacional, el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico —RAS-2000— establece el tipo de tratamiento requerido según la clasificación de la fuente y a partir del nivel de calidad de acuerdo con el grado de polución ([tabla 2](#)).

Tabla 2. Definición del tratamiento a partir de la clasificación de la fuente según el nivel de calidad de acuerdo al grado de polución

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			< 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	>=4	>=4	>=4	<4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	<2	2 - 40	40 - 150	>= 150
Color verdadero (UPC)			<10	10 -20	20 - 40	>= 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	<1.2	<1.2	<1.2	>1.7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Si, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente: RAS-2000.

Por su parte el Decreto 1594 de 1984 establece los criterios de calidad admisibles para potabilización de agua que requiere solo tratamiento convencional y referido a contaminación microbiológica (tabla 3).

Tabla 3. Criterios de calidad microbiológica admisibles para potabilización de agua por tratamiento convencional

Coliformes totales	NMP/100 ml	20000
Coliformes fecales	NMP/100 ml	2000

Fuente: Decreto 1594 de 1984.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo exploratorio, haciendo la descripción de las características del agua cruda presente en el río Magdalena del área de estudio entre el tramo comprendido antes de la desembocadura del río Bogotá hasta el sitio de captación del acueducto urbano de Flandes. Se eligió para la toma de muestras el primer semestre de 2016 por la presencia del fenómeno de El Niño, caracterizado por una temporada seca que disminuyó significativamente la precipitación y el caudal del río Magdalena; lo anterior, llevó al aumento de la concentración de coliformes totales y fecales. Esta temporada fue determinada como más crítica que la temporada de lluvia en la contaminación microbiológica de acuerdo a una serie de investigaciones realizadas en Colombia: río Combeima, municipio de Ibagué, Tolima (Ospina, 2015); río Algodonal en los municipios de Abrego y Ocaña, Santander (Miranda, Ramírez y Angarita, 2016); ríos Manaure y Casacará, Cesar

(Barahona, Luna y Romero, 2016) y del mismo río Magdalena en el municipio de Purificación, Tolima (Ospina, Ochoa y Vélez, 2018).

Para definir las características de la contaminación microbiológica se localizaron 4 puntos de muestreo georreferenciados, según se localizan en la [figura 5](#) y cuyas coordenadas se describen en la [tabla 4](#).

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.



Figura 5. Ubicación espacial de puntos de muestreo en el tramo evaluado del río Magdalena.

Tabla 4. Coordenadas de los punto estratégicos de muestreo

	COORDENADAS DE LOS PUNTOS			
	1	2	3	4
N	4°17'00"	4°17'18,90"	4°17'06,63"	4°17'09,58"
O	74°46'40"	74°47'48"	74°48'21,95"	74°48'20,79"

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.

El punto 1 está ubicado antes de la desembocadura del río Bogotá con el fin de conocer las condiciones microbiológicas iniciales del río Magdalena; el punto 2 en la desembocadura; el punto 3 en el sitio de captación del acueducto de Flandes en la margen izquierda del río Magdalena y el punto 4 frente a la captación de Flandes y en la margen derecha del río Magdalena. Con ello se logró obtener la trazabilidad espacial de la contaminación microbiológica a lo largo del tramo evaluado. Entre los puntos 1 y 2 no se presentan descargas de aguas residuales, por ello se asume que el cambio de concentración de la contaminación microbiológica del río Magdalena obedece principalmente a la descarga del río Bogotá.

Se tomaron cuatro muestras de agua cruda en cada punto estratégico, dos en temporada seca (febrero de 2016) y dos en temporada de lluvia (abril de 2016). La toma de muestras de agua se realizó atendiendo lo establecido en las normas técnicas colombianas NTC-ISO 5667-1 y 5667-2; para ello se requirió de materiales y equipos que permitieran la adecuada recolección, preservación y transporte de las muestras al tratarse de un río con diferentes niveles de dificultad.

RESULTADOS

Las temporadas seca (febrero de 2016) y de lluvia (abril de 2016), escogidas para realizar los muestreos, correspondieron a meses representativos respecto a caudales máximos y mínimos del río Magdalena; definidos a partir de sus niveles máximos y mínimos concernientes a los promedios mensuales del período comprendido entre noviembre de 2015 y mayo de 2016.

Los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados muestran el gran impacto que sufre el río Magdalena en su calidad de agua por la desembocadura del río Bogotá. Se presenta una variación en el punto de muestreo 3 (margen izquierda aguas abajo) que exhibe una menor concentración de contaminantes con relación al punto 4 (margen derecha aguas abajo), ubicados aproximadamente a la misma longitud de la desembocadura del río Bogotá. Ello permite establecer que los contaminantes que trae el río Bogotá no alcanzan a diluirse homogéneamente en todo el cuerpo de agua del río Magdalena a la distancia de la captación de Flandes (1120 m).

El comportamiento de la contaminación microbiológica en el río Magdalena también depende de la época del año, ya que ello conlleva a la variación de su caudal. Se presentan mayores concentraciones para época seca con relación a la de lluvia tanto en totales como fecales ([figura 6](#)) producto de la disminución del caudal que influye en el aumento de la concentración, lo que a la vez es característico de fuentes superficiales expuestas a intervención antrópica como lo describe una investigación realizada en el río Combeima (Ospina, 2015). Al comparar las condiciones del río Magdalena antes de la desembocadura del río Bogotá (punto 1) y en la captación de Flandes (punto 3), es evidente el incremento de contaminación microbiológica aportada por el río Bogotá. Por esta razón, es necesario evaluar de manera permanente la calidad de agua cruda que ingresa al acueducto de Flandes porque su variabilidad estará marcada en parte por la carga contaminante que incorpore al Magdalena un río que presenta características especiales.

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.

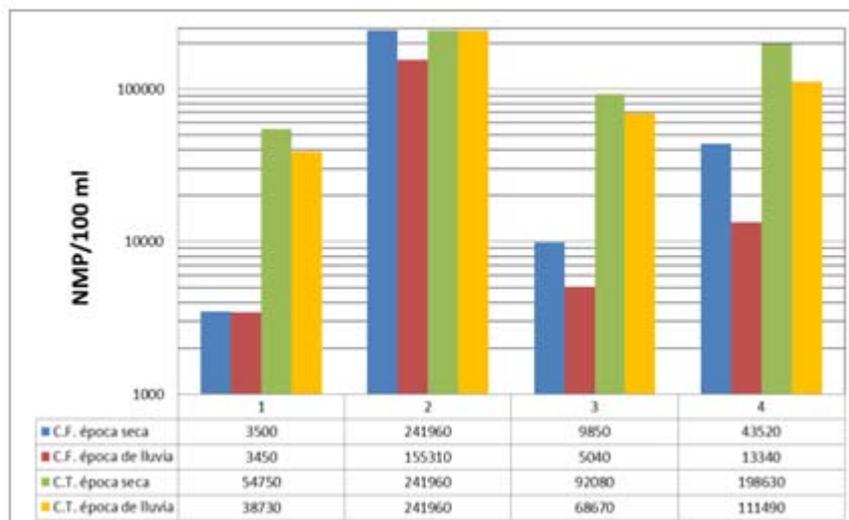


Figura 6. Resultados de concentración de coliformes totales y fecales en los 4 puntos de muestreo, temporada seca y de lluvia.

Según las características de calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, la categorización del río Magdalena como fuente de abastecimiento para consumo humano varió al depender de la concentración de coliformes totales y fecales. Para coliformes totales el tramo del río Magdalena evaluado es una fuente hídrica con calidad inferior a A3, con excepción de la desembocadura del río Bogotá en temporada de lluvia (figura 7). Para coliformes fecales la categoría es A3 antes de la desembocadura del río Bogotá y en el sitio de captación del acueducto de Flandes; para los demás puntos, la calidad es inferior a A3 (figura 8).

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.

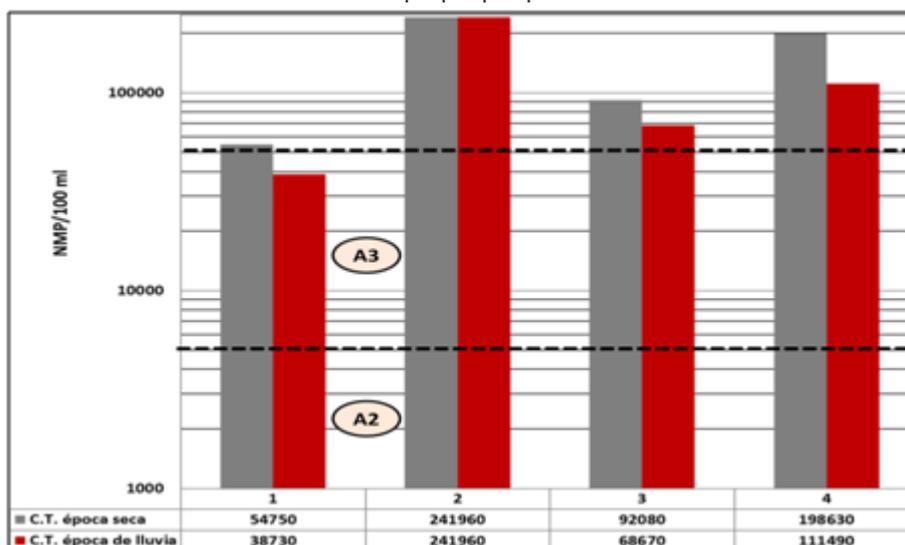


Figura 7. Coliformes totales en temporada seca y de lluvia.

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.

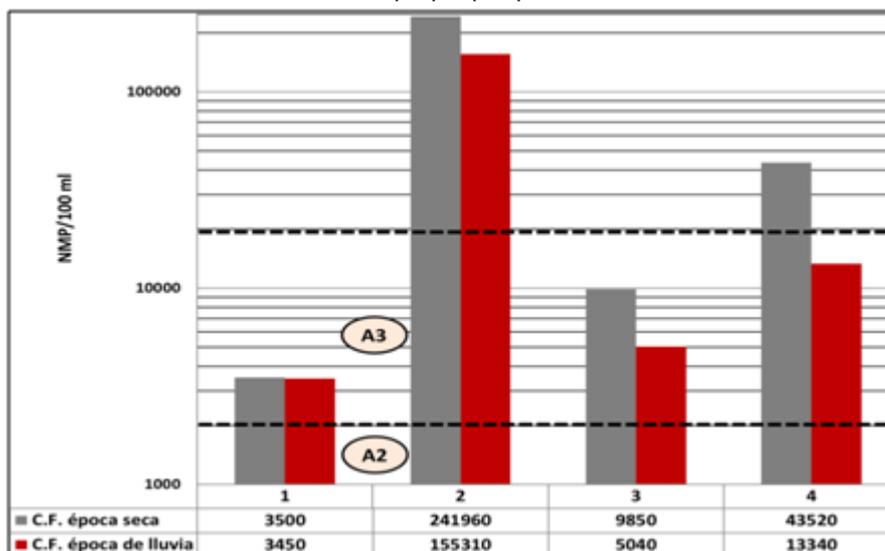


Figura 8. Coliformes fecales en temporada seca y de lluvia.

El punto de muestreo 4, localizado frente a la captación del acueducto de Flandes y al otro lado del río Magdalena, presentó en época seca una concentración de coliformes fecales que clasifica la calidad del agua como inferior a A3; por tanto, no adecuada para producción de agua potable. Esto refleja el alto riesgo que significa el río Bogotá en la contaminación microbiológica del río Magdalena, que podría en el futuro comprometer aún más la calidad de agua cruda en la captación de Flandes. Con base en el RAS-2000, la clasificación del río Magdalena a partir de la concentración de coliformes totales en todo el tramo evaluado corresponde a la de una fuente muy deficiente (tabla 5) que requiere de pretratamiento + coagulación/floculación + sedimentación + filtración + desinfección + tratamientos específicos (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Tabla 5. Definición del tipo de fuente y tratamiento requerido según el nivel de calidad de acuerdo al grado de polución por coliformes totales

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO 5 días	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	>=4	>=4	>=4	<4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	<2	2 - 40	40 - 150	>= 150
Color verdadero (UPC)			<10	10 - 20	20 - 40	>= 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	<1.2	<1.2	<1.2	>1.7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Si, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico (2000).

El agua del río Magdalena no cumple con la calidad microbiológica admisible para su potabilización por tratamiento convencional (Decreto 1594 de 1984), según se describe en la [figura 9](#) donde los coliformes totales son mayores a 20000 NMP y los coliformes fecales mayores a 2000 NMP para las dos temporadas evaluadas. Esto implica la inclusión de otros procesos en la planta de tratamiento de agua potable —PTAP— que garanticen la remoción de coliformes.

Fuente: elaboración propia por parte de los autores.

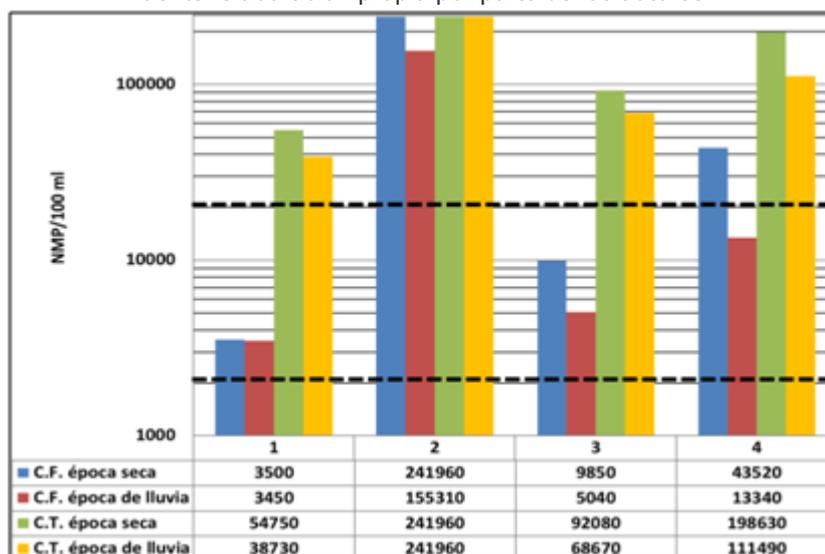


Figura 9. Rangos máximos de coliformes totales y coliformes fecales para tratamiento convencional según el Decreto 1594 de 1984.

Para conocer el impacto que la contaminación microbiológica del río Magdalena tiene en la calidad del agua para consumo humano en el perímetro urbano del municipio de Flandes se consultó el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua —SIVICAP— del Instituto Nacional de Salud —INS—, entidad oficial encargada de ejercer esta vigilancia a través de las secretarías de salud departamentales. Los resultados obtenidos evidencian presencia de coliformes totales y fecales en algunas de las nueve muestras tomadas durante el período enero 2014 a diciembre 2015 (INS, 2017), según se indica en la [tabla 6](#) donde se caracterizan los coliformes totales con 21 y E-coli con 22.

Tabla 6. Informe de características no aceptables para el municipio de Flandes período enero 2014 a diciembre 2015

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD		Informe de características no aceptables por departamento según municipio			
		Tolima			
		Período: 20/01/2014 - 17/12/2015			
2014					
Municipio	Número de Muestras	Muestras Tratadas (%)	Promedio características evaluadas	Características no aceptables (Decreto 1575 de 2007)	Promedio IRCA
Flandes	9	44,44%	2,25	2, 4, 5, 6, 7, 12, 17, 21, 22	36,20%
1 Color aparente, 2 Turbiedad, 3 ph, 4 Cloro residual libre, 5 Alcalinidad Total, 6 Calcio, 7 Fosfatos, 8 Manganeso, 9 Molibdeno, 10 Magnesio, 11 Zinc, 12 Dureza total, 13 Sulfatos, 14 Hierro total, 15 Cloruros, 16 Nitratos, 17 Nitritos, 18 Aluminio, 19 Fluoruros, 20 COT, 21 Coliformes totales, 22 E.coli, 23 Antimonio, 24 Arsénico, 25 Bario, 26 Cadmio, 27 Cianuro libre y disociable, 28 Cobre, 29 Cromo total, 30 Mercurio, 31 Niquel, 32 Plomo, 33 Selenio, 34 Trihalometanos totales, 35 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, 36 Giardia, 37 Cryptosporidium, 38 Plaguicidas Totales, 39 Organofosforados y carbamatos, 40 Olor, 41 Sabor, 42 Conductividad, 43 Mesófilos, 43 Mesófilos, 44 Enterovirus, 45 Rotavirus, 46 Adenovirus, 47 Hepatitis A					

Fuente: INS (2017).

Respecto al primer semestre de 2016, donde se realizó la toma de muestras de agua cruda en el río Magdalena, al consultar el sistema SIVICAP se tiene reporte de vigilancia solamente para el mes de marzo: con coliformes totales en dos muestras y E-coli en una, sin presencia de contaminación microbiológica (INS, 2018); respecto a los demás meses (enero, febrero, abril, mayo y junio) no aparece reportada la realización de dichos ensayos, por lo que se desconoce la presencia o no de este tipo de contaminación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La categorización del río Magdalena en el sitio de captación del acueducto de Flandes correspondió a A3, cuya potabilización se realiza en una PTAP con un tren de tratamiento convencional conformado por coagulación/floculación + sedimentación + filtración + desinfección (SUPERSERVICIOS, 2015); la cual adolece de procesos como cloración en punto inicial (break point) y afino con carbón activo, recomendados para este tipo de calidad de agua (A3). Esto puede implicar que parte de la carga contaminante microbiana supere la PTAP y sea consumida por la población. La adición de cloro en el punto inicial tiene entre otras funciones la reducción del crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua, entretanto la función del carbón activo es la eliminación de cloro libre del agua y controlar el crecimiento biológico; todo ello contribuiría a controlar la carga microbiológica en la fuente.

Como medida preventiva, y ante la manifiesta contaminación microbiológica del río Magdalena, en determinadas circunstancias, puede ser más oportuno utilizar como parámetro de vigilancia operativa la presencia de bacterias indicadoras fecales más resistentes a las utilizadas con mayor frecuencia (E. coli o bacterias coliformes termotolerantes) como pueden ser enterococos

intestinales, esporas de *Clostridium perfringens* colifagos, bacteriófagos o esporas bacterianas como indicadores de peligros microbiológicos persistentes, incluyéndolos en programas de monitoreo y de control y vigilancia (OMS, 2004) en la red de distribución del sistema de acueducto; esto debe ser atendido por la Empresa de Servicios Públicos de Flandes —ESPUFLAN—, especialmente en temporadas secas caracterizadas por tener mayor concentración de contaminación microbiológica.

El río Bogotá en su desembocadura tiene caudales promedio anuales del orden de los 50 m³/s y el río Magdalena de 1200 m³/s, lo que genera una dilución superior a 1:20 cuando ocurre la desembocadura; esto puede influir en la diferencia de calidad, según la margen del río Magdalena, que en cierta forma favorece al acueducto de Flandes al captar en la margen izquierda aguas abajo. El incremento sobreviniente de población en la cuenca del río Bogotá conllevará a mayor concentración de coliformes totales y fecales en el río Magdalena, por ello aumentará el riesgo de la calidad de agua que se consumirá en la población de Flandes si no se toman medidas preventivas y correctivas. El tratamiento de aguas residuales del río Bogotá no es una opción probable a corto plazo debido a los altos costos financieros que ello implica, por lo que se puede plantear como opción preventiva viable hacia futuro la reubicación de la captación del sistema de acueducto aguas arriba de la desembocadura del río Bogotá puesto que contribuiría en la disminución de la contaminación microbiológica. Como opción correctiva que puede ser abordada a corto plazo por la administración municipal de Flandes se plantea la inclusión de procesos adicionales al tratamiento convencional de la PTAP, para garantizar la remoción de coliformes como lo recomienda el RAS-2000, como la preoxidación y el afino con carbón activado.

Se recomienda investigar el impacto del río Bogotá en la calidad física y química del agua del río Magdalena, específicamente para evaluar el riesgo de la calidad del agua en el sistema del acueducto de Flandes como complemento al presente trabajo; para garantizar agua segura a la población es importante mencionar que, además de contaminación microbiológica, el río Bogotá posee metales pesados.

La depositación de aguas residuales sin tratamiento en fuentes hídricas superficiales que abastecen sistemas de acueducto ha sido una práctica común en Colombia, a pesar de estar prohibido en el Decreto 3910 de 2010. El río Magdalena es un ejemplo de esta desafortunada situación que puede conllevar a poner en riesgo la salud de una significativa población del país, al ser receptor de vertimiento de aguas residuales sin tratamiento alguno de varias poblaciones de los departamentos del Huila y del Tolima; asimismo, de ser usado para riego y agricultura que retornan residuales contaminados.

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Laura Lancheros por el apoyo técnico brindado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, M.A. et al. (2005). Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp. y *Cryptosporidium* spp. en aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. ***Biomédica***, 25, 353-365.
- Barahona, Y.M., Luna, J.A. y Romero, I.M. (2016). Calidad bacteriológica del agua de los ríos Manaure y Casacará, departamento del Cesar, Colombia. ***Revista Luna Azul***, 45, 82-101.
- Cabrera, C. (2005). ***Monitoreo de coliformes fecales y huevos de helmintos en agua y sedimentos (Iodos) de la presa Manuel Ávila Camacho***. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Camacho, L.A. (2013). Modelación de la calidad del agua superficial a la luz del Decreto 3930-2010. En ***Seminario “herramientas de gestión y control del recurso hídrico urbano”***. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- CAR. (2012). ***Adecuación hidráulica y recuperación ambiental del río Bogotá***. Bogotá, Colombia: CAR.
- CIACUA. (2003). ***Mejoramiento de la calidad ambiental del embalse del Muña***. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Domenech, J. (2002). Control de la calidad del agua. ***Offarm***, 21 (10), 138-146.
- FONADE. (2013). ***Consultoría especializada para la estructuración de concesiones viales***. Bogotá, Colombia: FONADE.
- IDEAM. (2016). ***El Niño continúa en su fase de mayor intensidad***. Recuperado de [Link](#).
- INS. (2017). ***Vigilancia de la calidad del agua***. Recuperado de [Link](#).
- INS (2018). ***Vigilancia de la calidad del agua***. Recuperado de [Link](#).
- Ministerio del Medio Ambiente de España. (2000). ***Libro blanco del agua en España. La calidad de las aguas***. Madrid, España: Ministerio del Medio Ambiente de España.
- Miranda, R., Ramírez, R. y Angarita, W. (2016). Análisis microbiológico de la calidad del agua del río Algodonal en el tramo comprendido entre los municipios de Abrego y Ocaña, Norte de Santander. ***Revista Ingenio UFPSO***, 11, 189-200.
- Muñoz, R. (2011). ***Una solución factible para la clarificación de aguas para consumo humano***. Recuperado de [Link](#).
- OMS. (2004). ***Guías para la calidad del agua potable***. Ginebra, Suiza: OMS.
- Ospina, O.E. (2015). Análisis de la contaminación microbiológica en el río Combeima, municipio de Ibagué (Tolima, Colombia). ***Producción + Limpia***, 10 (2), 92-103.

- Ospina, O.E. y Ramírez, H. (2009). Modelo agua segura: exploración de la fábrica de agua. *Memorias*, 5 (12), 57-65.
- Ospina, O.E., Ochoa, A.J. y Vélez, M.Y. (2018). Efecto del fenómeno El Niño 2015-2016 en la calidad del agua del río Magdalena, municipio de Purificación-Tolima. *Producción + Limpia*, 13 (1), 66-73.
- Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios. (2013). *Río Magdalena, informe social, económico y ambiental*. Barranquilla, Colombia: Procuraduría General de la Nación.
- Restrepo, J. (2005). *Los sedimentos del río Magdalena*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.
- SUPERSERVICIOS. (2015). *Evaluación integral de prestadores - Empresa de servicios públicos de Flandes*. Recuperado de [Link](#).
- Vargas, C. (2010). *Coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli por el método de filtración de membrana (FM)*. Curso sobre métodos bacteriológicos para el análisis de Agua Potable. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS. Recuperado de [Link](#).

-
1. Magíster en Gestión Ambiental. Profesor Universidad Piloto de Colombia seccional Alto Magdalena, Girardot, Colombia. oscar-ospina1@unipiloto.edu.co. Google Scholar: [Link](#)
 2. Ingeniero Civil. Universidad Piloto de Colombia seccional Alto Magdalena, Girardot, Colombia. javiermurillo725@gmail.com.
 3. Ingeniera Civil Universidad Piloto de Colombia seccional Alto Magdalena, Girardot, Colombia. margietoro1@gmail.com.

Para citar este artículo: Ospina, O.E., Murillo, F.J. y Toro, M.K. (2018). Incidencia del río Bogotá en la calidad microbiológica del agua del río Magdalena, municipio de Flandes (Tolima). *Revista Luna Azul*, 47, 114-128. DOI: 10.17151/luaz.2019.47.7. <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php/component/content/article?id=299>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)

