

Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el agua del embalse La Copa, municipio de Toca, Boyacá/Colombia

Work bacterial indicators of fecal contamination in La Copa water reservoir, town of Toca, Boyacá/Colombia

RODOLFO A. GAMBOA BECERRA

*Licenciado Biología y Química
Magíster en Docencia de la Química
Grupo de Investigación Gestión del Recurso Hídrico
Universidad de Boyacá, Colombia
rgamboa@uniboyaca.edu.co*

GABRIEL R. CIFUENTES OSORIO

*Licenciado Biología y Química
Magíster en Ciencias Ambientales
Grupo de Investigación Gestión del Recurso Hídrico
Universidad de Boyacá, Colombia
grcifuentes@uniboyaca.edu.co*

ZULMA E. ROCHA GIL

*Bióloga
Magíster en Ciencias Ambientales
Grupo de Investigación Gestión Ambiental
Universidad de Boyacá, Colombia
zerocha@uniboyaca.edu.co*

Recibido: 25/09/2015

Aceptado: 04/12/2015



RESUMEN

El embalse La Copa se encuentra localizado en la cuenca media del río Chicamocha a 5 km. del municipio de Toca, en el departamento de Boyacá, Colombia. Actualmente en este embalse se presenta una fuerte presión antrópica por la presencia de cultivos de flores en expansión, por lo cual se proyectan cambios en la presencia de materia orgánica en el cuerpo de agua; debido al incremento de la carga orgánica de vertimientos y aguas lluvias provenientes de los afluentes de los floricultivos y de la actividad agrícola y pecuaria en esta región. En el presente trabajo se determinaron bacterias indicadoras de contaminación fecal, con el objetivo de evaluar el estado sanitario del embalse La Copa.

Se establecieron 7 estaciones de muestreo en el embalse de la Copa localizados en proximidades a los afluentes, así como en cada uno de los gradientes que estos generan, los muestreos se realizaron en diferentes condiciones climáticas; por consiguiente se realizó a lo largo de un tiempo de 6 meses, en los dos períodos de la estacionalidad pluviométrica. La determinación de las bacterias aerobias mesófilas se realizó mediante la técnica de recuento en placa, utilizando Agar Tripticasa de Soya® de Oxoid. Los recuentos de coliformes fecales se realizaron mediante la técnica del Número Más Probable utilizando caldo EC-MUG® de Oxoid. El número de coliformes fecales osciló entre <2 NMP/100 mL y >1600 NMP/100 mL de acuerdo al sitio de muestreo y a las variaciones estacionales. Los valores más elevados se hallaron en las muestras tomadas en los afluentes del Río San Francisco, Río Toca y Río Chorrera, con valores entre 120 NMP/100 mL y 300 NMP/100 mL.

Palabras clave: embalse La Copa, indicadores bacterianos, contaminación fecal

ABSTRACT

The reservoir La Copa is located in the Chicamocha river basin 5 Km away from the town of Toca in Boyacá, Colombia. Currently, in this reservoir there is a strong anthropic impact due to the presence of expanding flower crops; therefore, changes are projected in the presence of organic matter in the body of water, due to the increase of the organic load of rainwater discharges coming from tributaries

of the flower crops and agro-livestock activity in this region. This study found specific bacteria which indicated the presence of fecal matter, in order to assess the health status of the reservoir La Copa. In the reservoir La Copa, seven (7) sampling stations were established, those stations were located close to the tributaries as well as along the gradients that are generated by them, the samples were collected in different climatic conditions, therefore they were made for 6 consecutive months, during the two rainfall seasons. Determination of aerobic mesophilic bacteria was done through plate counting method using Tryptone soya agar, Oxoid ®. Coliform fecal recounting oscillated between <2 NMP/100 mL y >1600 NMP/100 mL according to the sampling place and the season variations. The highest values were found in the samples taken in the San Francisco river tributary, Toca river and Chorrera river, with values between 120 NMP/100 mL y 300 NMP/100 mL.

Keywords: La Copa reservoir, indicator bacteria, fecal contamination.

Gamboa, R., Cifuentes, G. & Rocha, Z. (2016). Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el agua del embalse La Copa, municipio de Toca, Boyacá/Colombia. *Revista I3+, 3(1), 10-23 p.*

Citar este artículo así:

INTRODUCCIÓN

La identificación de microorganismos indicadores de contaminación fecal y su persistencia en aguas superficiales es imprescindible para determinar la presencia de microorganismos patógenos, así como para establecer la relación de incidencia de enfermedades. Estas enfermedades de origen hídrico, son transmitidas por la ruta fecal-oral como vía principal de infección, pero también afecciones de oídos, ojos, cavidad nasal y tracto respiratorio superior pueden ser adquiridas por contacto con aguas contaminadas (WHO, 2003). Existen estudios epidemiológicos que demuestran la correlación entre el número de coliformes fecales y gastroenteritis en nadadores (Van Asperen et al., 1998; Wade et al., 2006). Estos datos son utilizados para calcular estándares internacionales de calidad, sin embargo no hay acuerdo acerca de cuáles son los organismos indicadores y cuál es el número de los mismos que permite establecer niveles guía adecuados para aguas de uso recreacional (Shibata et al., 2004). La selección de un organismo indicador tiene importantes consecuencias tanto para el manejo de las fuentes de aguas de uso agrícola como recreacional, igualmente en la determinación de la calidad del recurso hídrico. Los usos de los recursos hídricos que están disponibles dependen en gran medida de los valores cuantificables de sus condiciones físico-químicas y/o microbiológicas, referenciados por la Organización Mundial de la Salud y nacionalmente por los decretos 1594/84 y la resolución 2115/07, los cuales hablan de calidad, uso y manejo de los recursos hídricos. En Colombia, los Ministerios de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial han establecido niveles guía para *Escherichia coli*, *Giardia* y *Cryptosporidium* como microorganismos indicadores de contaminación fecal en aguas. Otras guías de calidad de agua de organismos internacionales como la Organización Panamericana de la Salud utilizan otros grupos de microorganismos indicadores (bacteriófagos y esporas bacterianas). En general, el grupo coliforme ha sido comúnmente empleado como indicador de contaminación fecal en la evaluación de la calidad del agua de consumo. (WHO – OECD., 2003).

La contaminación fecal de las aguas superficiales se ha incrementado, creando un problema de salud pública (saneamiento básico) y afectando negativamente actividades: el turismo y la economía. Los cuerpos de agua pueden ser contaminados por aguas de desechos y excretas de personas y/o animales, las cuales presentan grandes densidades de organismos patógenos.

La calidad de las aguas es evaluada empleando técnicas que permiten identificar la contaminación fecal a través de la detección de los coliformes fecales, *Escherichia coli*. Sin embargo, aunque las bacterias coliformes han sido utilizadas exitosamente con este propósito, estas no han demostrado ser indicadores adecuados de contaminación fecal, por eso se adicionó la detección de *Giardia* y *Cryptosporidium* como indicadores de contaminación fecal (Hederra, 1996).

Según Borrego et al., 1990, se han determinado tres grupos de organismos como indicadores de la calidad microbiológica del agua: coliformes totales, coliformes fecales y enterococos. Los coliformes son organismos aeróbicos y aeróbicos facultativos, Gram negativos, bacilos no formadores de esporas, que producen ácido y gas de la fermentación de lactosa. Los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. Por lo general se encuentran en los intestinos de los vertebrados. Los coliformes se dividen en dos grupos: los totales y los fecales. Los coliformes fecales se diferencian por su facilidad de fermentar la lactosa y crecer a 44.5 °C. Los coliformes más comunes son *E. coli* y *Enterobacter aerogenes*. Las heces fecales del hombre y de los animales contienen una gran variedad de microorganismos enteropatógenos como *Campylobacter* sp, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Yersinia* sp, *Aeromonas* sp, *Pasteurella* sp, *Francisella* sp, *Leptospira* sp, *Vibrio* sp, protozoarios y varios grupos de virus. Cuando estos microorganismos son descargados en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo de transmisión de enfermedades para la población humana. Las bacterias enteropatógenas por lo general aparecen en cantidades bajas en aguas naturales, razón por lo cual su detección en el laboratorio se logra con cierta dificultad (Borrego et al., 1990).

Por otro lado, las técnicas de cultivo para su aislamiento son complejas y laboriosas. Estas desventajas han llevado a diseñar técnicas microbiológicas para el análisis de agua basadas en la detección de otros microorganismos presentes en las materias fecales y que puedan servir de indicadores (Borrego et al., 1990).

El embalse La Copa, está ubicado en el municipio de Toca, (Boyacá). Construido en el año 1990 para la regulación de sales del río Chicamocha y amortiguación de sistemas corrientes en épocas de lluvias, ha sido caracterizado en estudios exploratorios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (1993); con fines de potencialidad agroalimentaria en países en vía de desarrollo. Actualmente el sistema tiene una importante función, no solamente ecológica por su amortiguación hídrica, sino que además, es el principal abastecedor de riego para la cuenca media del río Chicamocha. En consecuencia, el objetivo del presente trabajo fue determinar el estado sanitario del embalse La Copa a través de la cuantificación de indicadores bacterianos de contaminación fecal.

METODOLOGÍA

Área de estudio.

El embalse La Copa, se localiza en el municipio de Toca en el departamento de Boyacá, a 2.660 msnm, que corresponde al piso frío montano bajo, en la escala de Holdridge. Tiene una superficie de 840 hectáreas y un volumen aproximado de 70 millones de metros cúbicos. Su profundidad máxima es de unos 20 metros frente a la presa de contención (tabla 1).

El proceso de llenado se inició en abril de 1990 y alcanzó su máximo nivel aproximadamente 6 meses después.

Topográficamente la zona inundada está conformada por una ladera suavemente inclinada y valle. Esta área estuvo dedicada a la actividad agrícola y pecuaria por ser considerada zona de suelos fértiles, con una vegetación escasa y dispersa.

Al embalse confluyen los ríos La Chorrera y San Francisco, los cuales aportan grandes caudales en épocas de lluvias, pero disminuyen su caudal notoriamente durante los períodos secos, en razón a que sus cuencas hidrográficas están desprotegidas.

La mayor parte del área periférica al embalse, está dedicada a la actividad agrícola. Hacia el costado nor-oriental se presentan superficies más quebradas, inclinadas y erosionadas, cubiertas por pequeños reductos de bosques arbustivos nativos (Figura 1).

La presa de contención se sitúa en el costado norte, junto a la válvula de salida sobre el cauce del Río Tuta, afluente importante del Río Chicamocha.

CARACTERÍSTICAS EMBALSE	
Altitud (msnm)	2,660
Fecha de cierre de dique	1990
Área de superficie (ha)	840
Profundidad máxima (m)	20
Volumen total aprox. (Mm ³)	70
Longitud máxima (Km)	1,97
Anchura máxima (Km)	0,6
Perímetro de costa (Km)	20
Descarga aprox (m ³ /s)	10

CARACTERÍSTICAS EMBALSE	
Principales afluentes	Río Toca, Río San Francisco y Río La Chorrera
Ríos efluentes	Río Grande o Tuta

Tabla 1. Características Generales del Embalse La Copa.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. 1993. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 02-08-11]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab488s/AB488S05.htm>

Muestras

Se establecieron 7 estaciones de muestreo en el embalse La Copa, localizados en proximidades a los afluentes, así como a lo largo de los gradientes que estos generan. Los muestreos se realizaron en diferentes condiciones climáticas; para un lapso de tiempo de 6 meses en los dos períodos de estacionalidad pluviométrica. Este diagnóstico se basó en la información obtenida mediante la realización de eventos de muestreo en los cuales se tomaron muestras simples en los tres afluentes principales que llegan al embalse, estos afluentes son: el Río San Francisco, el Río Toca, y la Quebrada la Chorrera. (Figura 1.)

Análisis bacteriológico

Para realizar las determinaciones bacteriológicas, las muestras se recolectaron en envases estériles y se conservaron a 4°C, posteriormente fueron remitidas al laboratorio para su análisis. Las muestras bacteriológicas se estudiaron mediante métodos enzimáticos por sustrato definido (EC-MUG Oxoid), empleando tubos múltiples de fermentación para series de cinco tubos, según lo propuesto en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, sección 9211 (APHA, 2005). Las enterobacterias fueron aisladas e identificadas por técnicas estándares (APHA, 2005). Como medios de cultivo selectivos se utilizaron agar Mac Conkey® de Oxoid. Para la identificación de los géneros se realizó un aislamiento en medios selectivos y pruebas bioquímicas IMVIC + TSI. Posteriormente se verificaron en tablas para identificación de microorganismos propuesta por (Koneman 1997).

Los recuentos de coliformes fecales, se realizaron mediante la técnica del Número Más Probable¹ (NMP/100 mL), utilizando caldo EC-MUG® de Oxoid, empleando diluciones hasta 10⁻³, según la naturaleza de la muestra. Para el recuento de las bacterias aerobias mesófilas se empleó la técnica de recuento en placa utilizando Agar Trypticase de Soya® de Oxoid.

¹ Para la determinación del NMP, se empleó lo propuesto por el Standard Methods (1995), section 9221 C, Table 9221 IV.

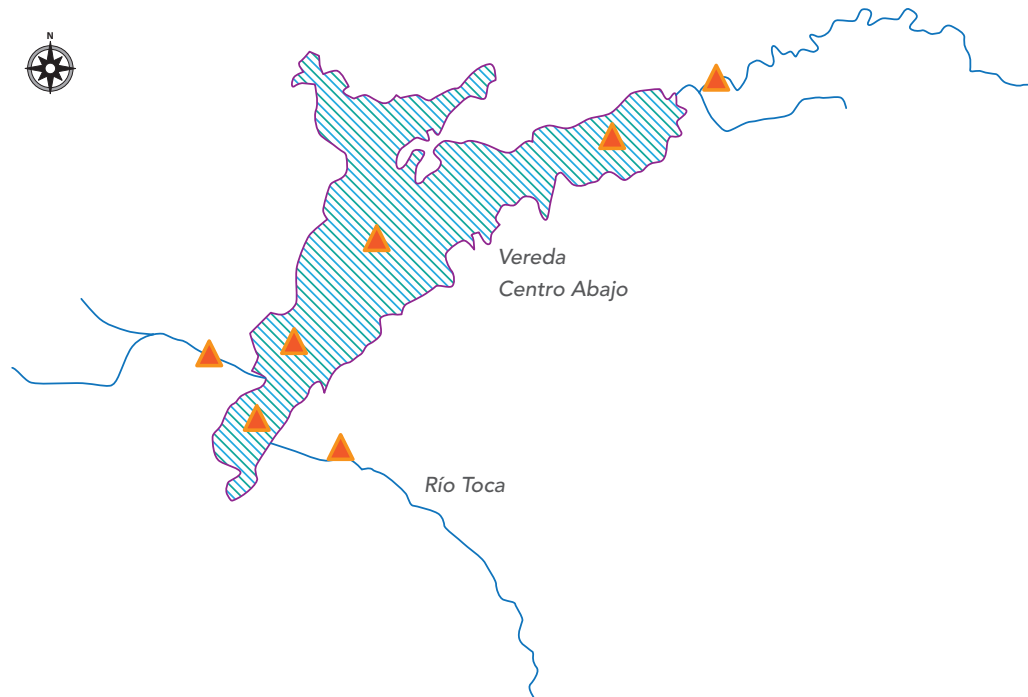


Figura 1. Cuenca del Embalse La Copa, municipio Toca, Boyacá. Estaciones de muestreo.

Fuente: Embalse La Copa. [En línea]. [s.p.i.]. [Citado el 02-08-09]. Disponible en: <http://earth.google.com/>, modificada por los autores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los puntos de muestreo fueron identificados, según como se muestra en el cuadro 2.

IDENTIFICACIÓN	SITIO DE MUESTREO
P_1	Centro embalse superficial
P_2	Centro embalse 12m (prof. 2)
P_3	Centro embalse 6m (prof. 1)
P_4	Chorrera embalse prof.1 (3m)
P_5	Chorrera embalse superficial
P_6	Río Chorrera (afluente)
P_7	Río San Francisco (afluente)
P_8	Río Toca (afluente)

IDENTIFICACIÓN	SITIO DE MUESTREO
P_9	Río Tuta (efluente)
P_10	San Francisco embalse prof.1 (3m)
P_11	San Francisco embalse superficial

Tabla 2. Identificación de las muestras

Fuente: Autores.

En el cuadro 3, se presentan los datos correspondientes a los recuentos de microorganismos coliformes totales (CT) y fecales (CF) que se procesaron durante los diferentes eventos, donde se evidencia la presencia de coliformes fecales para los afluentes y efluentes, siendo mayor los valores correspondientes a los afluentes (P_6, P_7 y P_8)

	EM 1		EM 2		EM 3		EM 4		EM 5	
	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF	CT	CF
P_1	5,13±0,26	0,00	4,22±0,29	0,46±0,40	3,93±0,21	0,23±0,40	3,27±0,23	0,46±0,40	3,50±0,20	1,06±0,35
P_2	4,08±0,17	0,00	4,18±0,24	0,23±0,40	3,48±0,22	0,46±0,40	2,94±0,11	0,46±0,40	2,25±0,21	2,07±0,13
P_3	3,40±0,28	0,00	3,31±0,18	0,23±0,40	3,80±0,36	0,00	3,32±0,18	0,23±0,40	5,13±0,26	2,68±0,14
P_4	3,77±0,35	0,00	4,24±0,30	0,46±0,40	3,15±0,11	0,46±0,40	2,88±0,28	0,23±0,40	3,40±0,13	2,96±0,11
P_5	4,01±0,21	0,00	3,97±0,32	0,23±0,40	3,14±0,13	1,06±0,35	2,99±0,23	0,46±0,40	2,84±0,20	2,60±0,22
P_6	7,34±0,15	3,67±0,26	5,49±0,13	3,70±0,21	5,63±0,23	3,48±0,39	3,59±0,09	1,98±0,20	5,93±0,26	5,73±0,11
P_7	8,27±0,10	4,81±0,12	6,80±0,58	3,91±1,34	5,68±0,19	4,67±0,28	5,00±0,13	3,11±0,13	5,50±0,12	5,05±0,10
P_8	7,47±0,08	7,46±0,09	7,48±0,09	6,80±0,58	5,73±0,11	4,38±0,13	6,68±1,23	4,79±0,08	4,13±0,19	2,84±0,20
P_9	4,93±0,22	3,07±0,09	4,93±0,22	2,25±0,21	4,22±0,29	2,21±0,27	NR	NR	3,58±0,24	0,69±0,69
P_10	3,26±0,13	0,00	3,31±0,20	0,23±0,40	3,05±0,21	0,23±0,40	4,10±0,15	0,23±0,40	2,60±0,22	0,46±0,40
P_11	3,48±0,39	0,00	3,47±0,33	0,23±0,40	3,30±0,18	0,46±0,40	3,46±0,29	0,23±0,40	3,34±0,19	2,83±0,24

Tabla 3. Relación de grupos CT y CF según sitio de muestreo

NR No se recolectó en este sitio; EM evento de muestreo. Los datos reportados corresponden a la transformación del NMP/100 mL en \ln^2 . El valor corresponde al promedio³ ± la DS.

Fuente: Autores.

² Logaritmo natural - ln

³ Se realizaron tres réplicas de cada muestra.

En la figura 2 se presenta el comportamiento de los coliformes totales según los eventos de muestreo, la tendencia se mantiene para los afluentes, encontrándose en los diferentes eventos, siendo el punto más alto para el río San Francisco ($8,27 \pm 0,10$ ln-NMP/100 mL). Los recuentos de organismos mesófilos en los eventos, estuvieron entre 10 y 50×10^2 UFC/mL, siendo el valor más bajo para el centro del embalse profundidad 1 (6 m) y el valor más alto para el afluente río San Francisco.

Igualmente se muestra el comportamiento de los CT, encontrándose en el evento 4, el punto más alto para el P_7 ($5,0$ ln-NMP/100 ml), y en el P_8 ($6,68$ ln-NMP/100 mL).

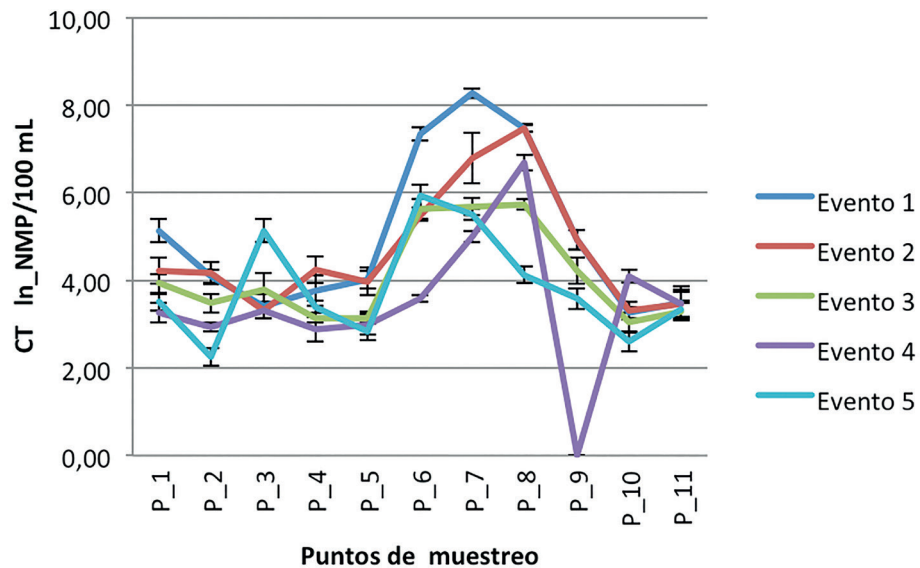


Figura 2. Comportamiento de los coliformes totales según evento de muestreo

Fuente: Autores.

En la figura 3 se relaciona el comportamiento de los coliformes fecales, encontrándose valores bajos entre 0.0 y 0.46 ln-NMP/100 mL, para el embalse P_1 a P_5 y el efluente P_10. De lo cual se infiere el proceso de autodepuración que se presenta al interior del embalse, propio de estos cuerpos de agua.

Es de notar que el efluente (P_9), presenta contaminación fecal (entre 2,2 y 4.9 ln- NMP/100 mL), lo cual se asocia posiblemente a la presencia de animales de pastoreo en la zona de influencia de este efluente, como se pudo constatar en las jornadas de muestreo.

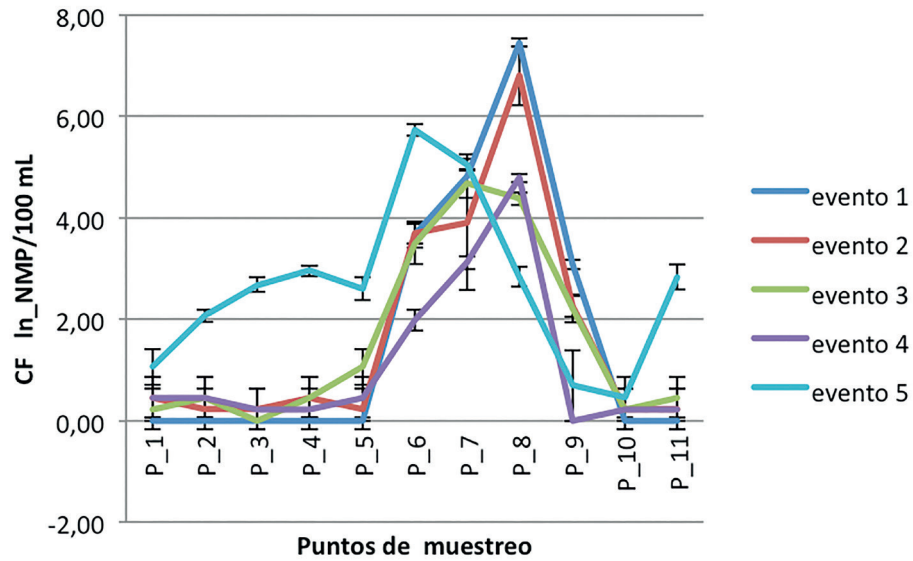


Figura 3. Comportamiento de los coliformes fecales según eventos de muestreo

Fuente: Autores.

Respecto a la presencia de los CT y CF, se puede inferir que son provenientes de los afluentes (San Francisco, Chorrera), los cuales son los mayores aportantes de carga orgánica debido a que recogen los vertimientos antrópicos de la región. La alta correlación entre ambos indica la importancia del grupo coliformes como indicador de contaminación fecal.

De igual forma se correlacionan con la cantidad de materia fecal aportada por los afluentes. Según aumentan los coliformes totales en cada muestra, también aumentan los coliformes fecales, (el mayor aportante es P_7) (Figura 4).

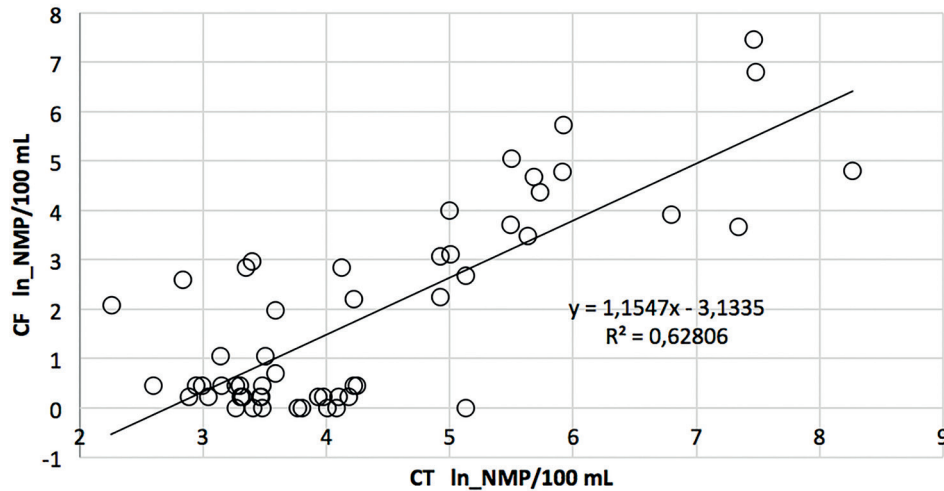


Figura 4. Correlación entre el número de Coliformes Totales y Coliformes Fecales

Fuente: Autores.

Para los eventos 4 y 5, se encontró que los comportamientos para los grupos coliformes fecales se mantenían en la misma tendencia que los eventos anteriores. Adicionalmente se encontró que en el evento 4, los valores reportados para coliformes fecales para las muestras del centro del embalse son bajos (< 0.40 In-NMP/100 mL.).

En el evento 5, se evidenció la presencia de organismos fecales en todos los puntos de muestreo, esto debido a que los afluentes tomaron su cauce normal, luego de un período prolongado de sequía. En este evento se evidenció la presencia nuevamente de pastoreo, lo cual está relacionado con la época de sequía que estaba finalizando.

Los recuentos de bacterias aerobias mesófilos en los diferentes eventos, estuvieron entre $8.0 \times 10^0 \pm 17$ y $11 \times 10^3 \pm 11$ UFC/mL, siendo el valor más bajo para el P_3 y el valor más alto para el afluente P_6, respectivamente.

Respecto a la presencia de los dos indicadores (Coliformes totales y fecales) microbiológicos de contaminación, se puede inferir que son provenientes de los afluentes (Toca, San Francisco y Chorrera). La alta correlación entre ambos indica que siendo el grupo coliforme el estándar para contaminación fecal, estos pueden ser indicadores ya que son detectados en presencia de contaminación microbiológica. Según aumentan los coliformes totales en cada muestra, también aumentan los fecales. Los afluentes con mayores aportantes son: el río Toca y el río Chorrera.

Respecto a los aislamientos realizados de las muestras, se encontraron diferentes géneros de la familia Enterobacteriaceae, los cuales se presentan en el cuadro 4.

MUESTRA	GÉNERO
P_1	<i>Klebsiella sp</i>
P_2	<i>Citrobacter sp</i>
P_3	<i>Proteus sp</i>
P_4	<i>Klebsiella sp</i>
P_5	<i>Citrobacter sp</i>
P_6	<i>E. coli sp</i>
P_7	<i>Klebsiella sp</i>
P_8	<i>Citrobacter sp</i>
P_9	<i>E. coli sp</i>
P_10	<i>E.coli sp</i>
P_11	<i>Klebsiella sp</i>

Tabla 4. Géneros reportados en los eventos de muestreo 3 y 4

Fuente: Autores.

CONCLUSIONES

Los afluentes río Toca, río San Francisco y río Chorrera, son los mayores aportantes de coliformes totales y coliformes fecales. La alta correlación entre ambos indica que siendo el grupo coliforme el estándar para contaminación fecal, los coliformes fecales, también pueden ser indicadores ya que son detectados en presencia de contaminación microbiológica. De igual forma se correlacionan con la cantidad de materia fecal aportada por los afluentes para el evento 5. Según aumentan los coliformes totales en cada muestra también aumentan los coliformes fecales.

En la evaluación de organismos mesófilos, se encontró que los recuentos estuvieron entre $8.0 \times 10^0 \pm 1.3$ y $11 \times 10^3 \pm 1.1$ UFC/mL, respectivamente para el P_3 y el P_6, lo cual se puede inferir que hacia el centro del embalse los procesos de autodepuración del mismo son más eficientes debido a la elución de la carga aportada por los afluentes, cerca de la rivera del embalse la presencia de organismos coliformes es mayor, probablemente a la presencia de actividades de pastoreo.

En el estudio se evidencia que la presencia y concentración de indicadores bacterianos, coinciden con las encontradas en otros ensayos independientemente de las condiciones ambientales. Lo anterior permite inferir que este tipo de indicadores podrían ser utilizados en estudios similares para estos cuerpos de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, (2005). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
- BORREGO, J.; R. CÓRNAX, M. MORIÑIGO, E. MARTÍNEZ, P. ROMERO. (1990). Coliphages as an indicator of fecal pollution en water. Their survival and productive infectivity in natural aquatic environments. *Wat. Res.* 24, 111-116.
- CORPORACIÓN AUTONÓMA REGIONAL DE BOYACÁ. (2006). Formulación participativa del plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha. En línea. Reportado 11-10-09. En: http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/intreg/CORPOBOYACAREGIONCENTRAL_%20POMCA.pdf.
- HEDERRA, R. (1996). Manual de Vigilancia sanitaria. Serie HSP/UNI/manuales operativos PALVEX. OPS/OMS. Washington
- KONEMAN E. W. (1997). The Enterobacteriaceae in Diagnostic Microbiology. 5ª. Edición, Washington Square: Lippincott – Raven Publishers. 173- 203
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (1993). Avances en el Manejo y Aprovechamiento Acuícola de Embalses en América Latina y el Caribe. En línea. Reportado el 11-10-09]. En: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB488S/AB488S05.htm>.
- SHIBATA, T.; SOLO-GABRIELE, H.M.; FLEMING, L.E Y ELMIR, S. (2004). Monitoring marine recreational water quality multiple microbial indicators in an urban tropical environment. *Wat. Res.* 38(13): 3119-3131
- VAN ASPEREN. I.A.; MEDEMA, G.; BORGDORFF, M.W.; SPRENGER, M. Y HAVELAAR, A. (1998). Risk of gastroenteritis among triathletes in relation to faecal pollution of fresh waters. *International Epidemiological Association*, 27: 309-315.
- WADE, T.; CALDERÓN. R.L.; SAME, E.; BEACH, M.; BRENNER, K.P.; WILLIAMS, A.M. Y DUFOUR, A. (2006). Rapidly measured indicators recreational water qualities are predictive of swimming associated gastrointestinal illness. *Environ. Health Perspectives* 114: 24-28.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (2003). “Guidelines for Recreational Water Environments” Coastal and Fresh Waters. Vol. 1, Chapter 4: Faecal Pollution and Water Quality. Geneva.
- WHO – OECD. 2003. Assessing Microbial Safety of Drinking Water. Improving approaches and methods. IWA Publishing. P. 291. En línea: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/9241546301full.pdf