

Diagnóstico de la calidad bacteriológica del agua del Humedal Córdoba, Bogotá

Diagnosis of the bacteriological quality of the water of the Córdoba Wetland, Bogotá

Ávila de Navia Sara Lilia¹, Estupiñán Torres Sandra Mónica¹, Caicedo Cardona Lina Marcela², Calderón Cárdenas Xiomara Michel², Rubiano Aguirre Wendy Lizeth²

Resumen

Objetivo. Evaluar la calidad sanitaria del agua del Humedal Córdoba, por medio de indicadores de aguas residuales (coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus*) y otros grupos bacterianos como *Pseudomonas* y *Aeromonas*. **Métodos.** Se tomaron quince muestras de agua de diferentes puntos de los sectores dos y tres del humedal, tanto en época de lluvia como en época seca. El recuento de microorganismos se realizó por el método de filtración de membrana siguiendo el Standard Methods. **Resultados.** Las aguas del Humedal Córdoba contienen un alto número de coliformes totales por lo que no deben ser usadas para fines de consumo humano y doméstico, agrícola o recreativo. La concentración de bacterias pertenecientes a los grupos de Coliformes y *Enterococcus* confirma la contaminación de origen fecal en todo el ecosistema. Esta contaminación se asocia al vertimiento de aguas residuales al humedal.

Palabras claves: calidad del agua, método de filtración por membrana, coliformes.

1. Docente Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
2. Egresadas Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Bogotá, Colombia.
ORCID ANSL: <http://orcid.org/0000-0002-6188-0086>
ORCID SMET: <http://orcid.org/0000-0002-6937-4567>

Correspondencia: sestupinan@unicolmayor.edu.co

Recibido: 15/10/2018
Aceptado: 29/12/2018

Abstract

Objective. To evaluate the sanitary quality of the water of the Córdoba Wetland, using wastewater indicators (total coliforms, *Escherichia coli* and *Enterococcus*) and other bacterial groups such as *Pseudomonas* and *Aeromonas*. **Methods.** Fifteen water samples were taken from different points in sectors two and three of the wetland, both in the rainy and dry seasons. The count of microorganisms was carried out by membrane filtration following the Standard Methods. **Results.** The water of the Córdoba Wetland contain a high number of total coliforms and should therefore not be used for human consumption and domestic, agricultural or recreational purposes. The concentration of Coliforms and *Enterococcus* confirms the fecal contamination in the ecosystem. This contamination is associated with the dumping of wastewater into the wetland.

Keywords: water quality, membrane filtration method, coliforms.

Introducción

Los humedales son ecosistemas indispensables para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de la población humana. La importancia de los humedales radica en los diferentes valores de carácter ecológico, antrópico e hidrológico que sustentan como son: reservorio de especies vegetales, faunísticas y genético, productores de biomasa, potencial terapéutico, protección del entorno y del suelo, regulación del sistema hidrológico, sedimentos aluviales, depuración, reservorio de agua, y mantenimiento del ambiente húmedo (1).

El Humedal Córdoba se encuentra al noroccidente de la ciudad de Bogotá, dentro del sistema de humedales que conforma la red hidrológica del Distrito Capital. Tiene un área de 40.4 hectáreas, se encuentra fragmentado en 3 partes y se conecta con el “Parque Urbano Canal Córdoba” y “Parque Metropolitano Canal de los Molinos”. Se continúa al occidente con el lago del Club Choquenzá, Los

Lagartos y el Humedal Tibabuyes, formando el sistema Córdoba – Juan Amarillo (2).

La problemática ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Córdoba comprende: (a) la afectación de la calidad de agua por aportes de aguas residuales, dado que reportes de la Sociedad Geográfica de Colombia encontraron altos niveles de coliformes fecales que oscilan entre 1.700 y 330.000 NMP/100 mL (3); (b) la presencia de estructuras hidráulicas deficientes que originan limitaciones al flujo de agua y acumulación de basuras; (c) la fragmentación del Humedal en tres sectores con limitaciones en la calidad y cantidad de agua que ingresa al Humedal, disposición de basuras y escombros en zonas del mismo; (d) la presencia de animales domésticos y otros depredadores y el pastoreo de animales (2).

Materiales y métodos

1. El Humedal Córdoba, hace parte de los trece humedales con reconocimiento del

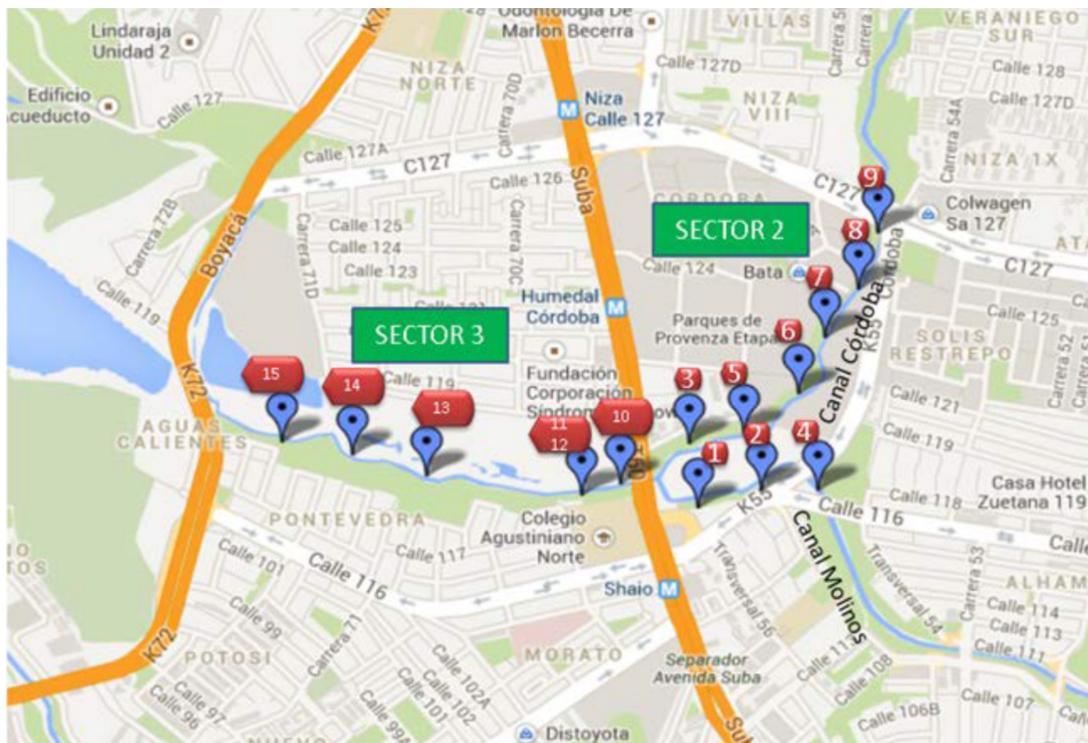
Distrito Capital de Bogotá. Está ubicado en la localidad de SUBA entre las calles 116 y 127 y las avenidas Córdoba, Suba y Boyacá, y tiene una extensión de 40.4 hectáreas. Se encuentra fraccionado así (4):

2. Sector 1 (2.8 hectáreas): ubicado en la calle 127 costado norte, en este sector esta alimentado por el Canal Córdoba.
3. Sector 2 (16.2 hectáreas): entre la calle 127 y la Avenida Suba y Córdoba, el Humedal continúa recibiendo las aguas del Canal Córdoba y además del canal Los Molinos.

4. Sector 3 (21.4 hectáreas): entre la Avenida Suba y la Avenida Boyacá, es el sector más reconocido por la comunidad donde se han generado la necesidad de detener su deterioro y propender por su recuperación y conservación.

Se tomaron muestras de agua superficial de quince estaciones de muestreo distribuidas en los sectores 2 (muestras del 1 al 9) y 3 (muestras del 10 al 15), como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Puntos de muestreo.



Fuente. Plan de Manejo Ambiental 2008.

La obtención de las muestras se realizó teniendo en cuenta la guía para la toma de muestras de agua del Ministerio de Salud de Colombia (Decreto 475 de 1998) (5) y las recomendaciones de Andreu y Camacho (2002) (6). Se

gún la Normatividad Ambiental vigente y la consignada en la Política de Humedales.

Se llevó a cabo la determinación de los indicadores bacterianos con las recomendaciones

del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (7), se empleó la técnica de Filtración por Membrana. Los medios utilizados para la enumeración de las bacterias indicadoras de contaminación de aguas fueron:

Bacterias coliformes totales, agar endo NPS, *Escherichia coli*, agar M-FC, *Enterococcus*, agar azida NPS, *Pseudomonas*, agar cetrimide NPS y *Aeromonas*, agar m-*Aeromonas*.

Resultados

Coliformes totales

En el mes de noviembre (época de lluvia) los puntos con mayores recuentos (superiores a 300 UFC/100 mL) fueron 1, 3, 5 y del 7 al 15 (Tabla 1). En el muestreo realizado durante el mes de junio (época seca), se encontró un recuento superior a 300 UFC/100 mL en los puntos 1, 3 y 5, del 7 al 13 y 15 (Tabla 1).

Escherichia coli

Para el mes de noviembre (época de lluvia) la mayoría de los puntos muestreados presentan recuentos de más de 300 UFC/100 mL, con excepción de los puntos 4, 6, 7 y 8 (Tabla 1). En época seca (junio) en los puntos 1, 5, 9, 10 y 11 se presentaron recuentos mayores a 300 UFC/100 mL, en los demás puntos los recuentos variaron entre 0 y 45 UFC/100 mL (Tabla 1). En algunos puntos no se aisló *E. coli* a pesar de que sí existen recuentos de coliformes totales altos. Este fenómeno puede deberse a la menor resistencia de la *E. coli* a las condiciones medioambientales, lo que hace

que su recuperación en medios artificiales sea difícil.

Enterococcus

Este grupo incluye a especies tales como *Enterococcus faecium* y *Enterococcus faecalis*, y se encuentra significativamente en heces humanas y animales. Debido a su resistencia a los factores medioambientales, tienen un mayor tiempo de supervivencia, por lo tanto, son considerados como indicadores de contaminación fecal antigua en contraste con la presencia de coliformes fecales que indican la contaminación fecal reciente.

Los recuentos de *Enterococcus* durante la época lluvia son en general mayor de 300 UFC/100 mL, a excepción de los puntos 3, 4, 6, 8 y 9, que tuvieron recuentos que variaron entre 36 y 252 UFC/100mL, para la época seca los puntos con recuentos más bajos fueron del 2 al 4 y del 6 al 10.

Pseudomonas

El recuento promedio de *Pseudomonas* durante las épocas muestreadas varió entre 234,1 UFC/100 mL en la época seca y 234,9 UFC/100 mL en la época lluvia (Figura 2). De la misma manera que ocurre con otros indicadores bacterianos de contaminación en este ecosistema se presentan recuentos más altos en época lluvia que en época seca (Tabla 1).

Aeromonas

Los recuentos de *Aeromonas* presentan un comportamiento diferente a los otros indicadores de contaminación, aumentan en épo-

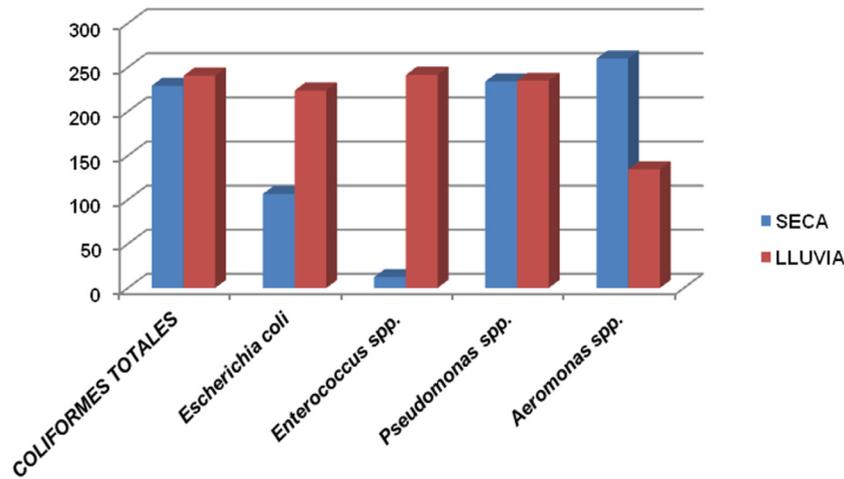
ca seca y disminuyen en época lluvia. En los (Tabla 1) en época de lluvia y en el punto 12
 únicos puntos en donde no se recuperó este en época seca (Tabla 1)
 microorganismo fue en 1 al 3, 5, 12, 13 y 15

Tabla 1. Recuento de UFC/100mL de coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*.

Punto de muestreo	Coliformes totales		Escherichia coli		Enterococcus spp.		Pseudomonas spp.		Aeromonas spp.	
	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
1	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	0	150
2	0	150	>300	150	>300	150	>300	236	0	150
3	>300	>300	>300	150	222	261	>300	>300	0	150
4	0	18	1	2	252	121	33	37	185	243
5	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	0	150
6	10	8	14	7	65	33	20	10	32	16
7	>300	>300	30	23	>300	153	86	93	>300	>300
8	>300	>300	12	6	50	175	85	193	>300	>300
9	>300	>300	>300	>300	36	168	>300	>300	>300	>300
10	>300	>300	>300	>300	>300	188	>300	>300	>300	>300
11	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
12	>300	>300	>300	150	>300	>300	>300	>300	0	0
13	>300	>300	>300	168	>300	>300	>300	>300	0	150
14	>300	165	>300	150	>300	152	>300	>300	>300	>300
15	>300	>300	>300	173	>300	>300	>300	>300	0	150

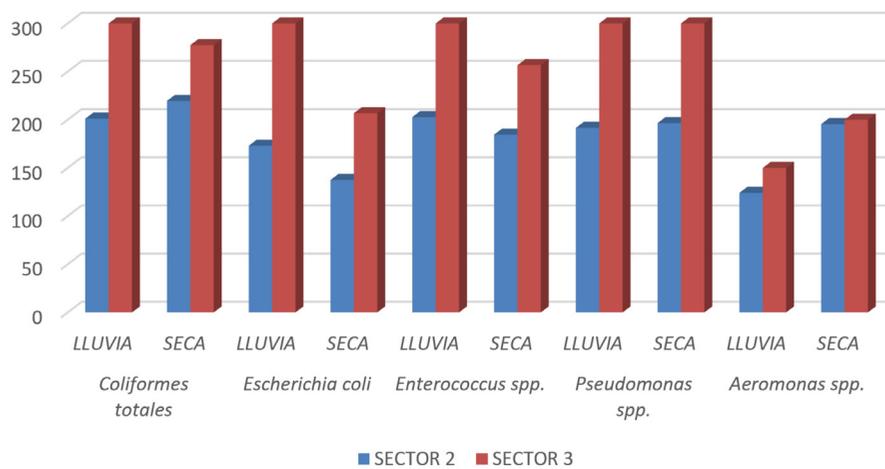
Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 2 se observan los promedios de los recuentos bacterianos en las dos épocas del año. Para los indicadores coliformes totales, *E. coli* y *Enterococcus*, los recuentos son mayores en época lluvia que en época seca, para las *Pseudomonas* tienen un comportamiento similar en las dos estaciones climáticas, mientras que para *Aeromonas* este promedio es mayor en época seca.

Figura 2. Promedio de recuentos bacterianos en UFC/100 ML.

Fuente. Elaboración propia.

Al comparar el promedio de los recuentos obtenidos en cada sector, se encuentra que el sector 2, tanto en época lluvia como en seca tiene recuentos más bajos que el sector 3 (Figura 3).

Figura 3. Promedio de recuentos bacterianos en UFC/100 ML, por sectores en las dos épocas climáticas.

Fuente. Elaboración propia.

Discusión

En el estudio se aprecia un alto número de Coliformes totales en todos los puntos muestreados. Los recuentos son más altos en época lluvia (240,6 UFC/100 mL) que en época seca (229,2 UFC/100 mL). Dentro de las patologías causadas por este grupo de bacte-

rias coliformes se encuentran entre otras: síndrome urémico hemolítico, gastroenteritis, bacteremia, infecciones: urinaria, del tracto respiratorio bajo, de piel y tejidos blandos, intraabdominales y oftálmicas; intoxicación alimentaria, meningitis neonatal y septicemia (8).

Debido a que el 95% del grupo de los coliformes fecales, está formado por *Escherichia coli*, en el presente estudio se determinó esta bacteria como importante indicador de calidad sanitaria del agua, ya que, al encontrarse casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, refleja mejor la contaminación fecal y orgánica. En algunos puntos del humedal no se aisló *E. coli*.

La presencia de *E. coli* en el agua indica la contaminación bacteriana reciente y constituye un indicador de degradación de los cuerpos de agua (9). Los coliformes y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal por su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras.

En el presente estudio el comportamiento de los recuentos de enterococos fue mayor en la época de lluvias (241,6 UFC/100 mL) mientras que en época seca el recuento fue de 12,46 UFC/100 mL. Esto tal vez debido al mayor volumen del agua de escorrentía que aumenta la contaminación fecal en el humedal. Los enterococos fecales no se multiplican en el medio ambiente, son más persistentes en ambientes acuáticos y en suelos contaminados que *E. coli*. Son de interés cuando se conoce que hay contaminación fecal y no se detectan coliformes, como ocurre cuando las descargas son intermitentes o más antiguas, de modo que mueren los coliformes totales y *E. coli*, y permanecen los enterococos (9).

Su presencia se ha asociado a contaminación fecal de origen humano y animal, y además, se ha demostrado en algunos estudios que la presencia de animales puede afectar la calidad bacteriológica de las aguas (10).

La razón entre coliformes fecales y enterococos fecales ofrece información acerca de la fuente de contaminación. Un rango mayor de 4 es considerado indicativo de contaminación fecal humana, un rango menor a 0.7 sugiere contaminación por una fuente no humana (11).

Las bacterias intestinales no suelen sobrevivir en el medio acuático, pierden gradualmente la capacidad de crecer en medios diferenciales y selectivos por el estrés fisiológico al que están sometidas. Su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, los efectos de la luz solar, las poblaciones de otras bacterias presentes, y la composición química del agua. En los pocos estudios en los que se ha examinado la eficacia de la recuperación de coliformes fecales en aguas tropicales, se encuentra una gran variedad de grado de recuperación (12), lo anterior explica por qué en algunos puntos del Humedal Córdoba no se presentaron recuentos de coliformes fecales ni enterococos.

Las *Aeromonas* son habitantes normales de fuentes de agua en presencia o ausencia de contaminación fecal. Se encuentran altos recuentos en aguas de desecho, pero se aíslan especies diferentes a las que están presentes en agua dulce. Las *Aeromonas* crecen en un medio ambiente con baja cantidad de nutrientes. Algunos estudios han encontrado una significativa correlación entre la presencia de *Aeromonas* y el estado trófico de las aguas dulces (13).

El recuento de *Aeromonas* tuvo un comportamiento diferente al de los demás indicadores, puesto que fue mayor en época seca que en lluvia. Este resultado indica que las *Aeromonas* podrían ser útiles en la valoración de los

fenómenos de contaminación. En estudios anteriores se encontraron correlaciones significativas entre las *Aeromonas*, los Coliformes totales y la concentración de materia orgánica, medida como demanda biológica de oxígeno (14). En Colombia se evaluó la presencia de *A. hydrophila* en ambientes acuáticos y se determinó que su uso como indicador del estado trófico es prometedor (15).

En estudios anteriores Rippey y Cabelli (16) y Canosa (15) proponen una evaluación del grado de eutrofización basado en la densidad de *Aeromonas* ml⁻¹, y reportan los siguientes datos del estado trófico para cuerpos de agua en Colombia: oligotrófico <1500 UFC/100 ml⁻¹, oligo-mesotrófico 1510-6500 UFC/100 ml⁻¹, mesotrófico 6510-32500 UFC/100 ml⁻¹, meso-eutrófico 32600-57500 UFC/100 ml⁻¹, eutrófico 57600-340000 UFC/100 ml⁻¹ e hipereutrófico >340000 UFC/100 ml⁻¹.

El comportamiento similar al de las *Aeromonas*, se observa en el grupo de las *Pseudomonas* como indicadoras del estado trófico. Sin embargo, en el presente estudio el promedio de los recuentos en las dos épocas climáticas fue muy similar. Las bacterias del género *Pseudomonas* se hallan comúnmente en el suelo y algunas especies son clasificadas como patógenos y patógenos oportunistas, para el hombre y los animales.

P. aeruginosa es una bacteria que no se considera autóctona del agua, puede derivar de heces humanas y animales, su detección en agua se asocia con polución por descarga de aguas residuales, por lo tanto, hay una estrecha correlación de su presencia en ambientes acuáticos con fenómenos de contaminación (17-22). Este microorganismo crece en muy

baja concentración de nutrientes en medio ambiente acuoso y puede sobrevivir durante muchos meses en aguas a temperatura ambiente, es un importante patógeno oportunista y es causa de un amplio rango de infecciones, especialmente de oídos, ojos y piel, su control en aguas destinadas a la recreación es una obligación en varios países del mundo (23).

Fuente de financiación: Este estudio fue financiado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, con apoyo de la administración del Humedal Córdoba.

Conflicto de intereses: Los autores manifiestan que no existe conflicto de intereses

Referencias

1. Seoáñez M. 1999. Aguas Residuales: Tratamiento por Humedales Artificiales, Fundamentos Científicos, Tecnologías, Diseño. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
2. Plan de Manejo del Humedal de Córdoba 2008. [Acceso 14 de febrero de 2018] Disponible en: http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/PMA_Cordoba.pdf.
3. Descripción general de los humedales de Bogotá, D.C. Sociedad Geográfica de Colombia. [Acceso 14 de febrero de 2018] Disponible en: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>.
4. Página web Itzata. Administración del humedal de Córdoba [Acceso Febrero 15 de 2018] Disponible en: http://itzata.org/?page_id=53
5. Ministerio de Salud de Colombia (Decreto 475 de 1998)
6. Andreu E. & A. Camacho. 2002. Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedi-

- mentos en humedales Ramsar. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Secretaría General del Medio Ambiente. Madrid.
7. Environment Agency. 2002. Standing Committee of Analysts. The Microbiology of Drinking Water - Part 1 - Water Quality and Public Health, Methods for the Examination of Waters and Associated Materials. Environment Agency. United States of America.
 8. Brooks G. & Morse S. 2010. Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. McGraw Hill.
 9. Vergara G., Méndez C., Morante H., Heredia V., Béjar V. 2007. *Enterococcus y Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 10, N° 20, 82-86
 10. Figueras M., Borrego J. 2010. New Perspectives in Monitoring Drinking Water Microbial Quality. Int J Environ Res Public Health. Dec; 7(12): 4179-4202.
 11. Rivera R., de Los Ríos P., Contreras Á. 2010. Relations fecal coliforms/fecal Streptococci as indicators of the origin of fecal pollution in urban and rural water bodies of Temuco, Chile. Ciencia e investigación agraria, 37(2), 141-149.
 12. Messer J. W. & A. P. Dufour. 1998. A Rapid, Specific membrane Filtration Procedure for Enumeration of Enterococci in recreational Water. Appl. Environ. Microbiol. 64: 678-680.
 13. Grim C. 2015. Occurrence and Virulence Potential of Aeromonas in Food and Water from: Aeromonas (Edited by: Joerg Graf). Caister Academic Press, U.K. Pages: 201-228.
 14. Campos C, Cárdenas M y Guerrero A. Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferente tipo de aguas en la sabana de Bogotá (Colombia). (En línea) [Acceso mayo 2 de 2018]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/saba.pdf>
 15. Canosa, A. 1995. Indicadores bacteriológicos de eutrofización en los embalses de Chuza, Neusa y Tominé, y en la laguna de Chingaza. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. Bogotá, Colombia.
 16. Rippey S. R. & V. J. Cabelli. 1989. Use of thermotolerant Aeromonas group for the trophic classification of freshwaters. Water research. 23:1107-1114
 17. González, M., Alonso, A. Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz. NOVA. 2016; 14 (26): 67-82
 18. Rodríguez, Ávila, S., Estupiñán-Torres, S., Díaz, L. Calidad bacteriológica del agua Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia. . NOVA. 2016; 14 (26): 139-145
 19. Botello, W., Ortiz, J., Peña, S. Inmovilización microbiana en polímeros sintéticos para el tratamiento de aguas residuales. NOVA. 2016; 14 (26): 99-106
 20. Campuzano, S., Jiménez, L., Hernández, D. La formación de biopelículas y la calidad del agua en la consulta odontológica. . NOVA. 2018; 16 (29): 39-49
 21. Corrales, L., Sánchez, L., Quimbayo, M. Microorganismos potencialmente fitopatógenos en aguas de riego proveniente de la cuenca media del río Bogotá. NOVA. 2018; 16 (29): 71-89
 22. Zapata, A., Gaines, S., Muñoz-Silva, V., Otero, V., Mendoza, V. Calidad del agua y características habitacionales de un barrio en Bogotá. NOVA. 2017; 15 (27): 31 - 36
 23. García L., Iannacone J. 2014. *Pseudomonas Aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable, análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. The Biologist, Vol. 12, N°. 1. págs. 133-152