

2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



LOS HUMEDALES DEL ALTIPLANO DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO; ESTADO, IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOBIOÉTICA

Carlos Augusto Benjumea Hoyos, Carolina Silva Castrillón, Valentina Botero Higueta

**Universidad Católica de Oriente
Rionegro, Colombia**

Resumen

Se presenta las principales características fisicoquímicas y microbiológicas sobre dos humedales urbanos en el altiplano del oriente antioqueño. Los monitoreos y análisis se realizaron durante el año 2017 para tres temporadas climáticas: seca, lluviosa y transicional para dos sistemas acuáticos, uno muy intervenido (Los Llanos) y otro medianamente intervenido (Guadalcanai) ambos ubicados en el municipio de Rionegro. El estudio demostró que los factores fisicoquímicos y microbiológicos no presentan mayor variación durante el tiempo, y según el Índice de contaminación del agua (ICA) ambos cuerpos hídricos presentan condiciones malas en su calidad.

Palabras clave: humedales; oriente antioqueño; calidad del agua

Abstract

The main physicochemical and microbiological characteristics of two urban wetlands in the highlands of eastern Antioquia are presented. Monitoring and analysis were carried out during 2017 for three climatic seasons: dry, rainy and transitional for two aquatic systems, one heavily intervened (Los Llanos) and the other moderately intervened (Guadalcanai) both located in the municipality of Rionegro. The study showed that the physicochemical and microbiological factors do not present greater variation over time, and according to the Water Pollution Index (ICA) both water bodies present poor conditions in their quality.

Keywords: wetlands; eastern Antioquia; water quality

1. Introducción

El agua desde el inicio de la historia ha sido un elemento fundamental con el que el hombre se ha relacionado constantemente. La utilidad del agua en la vida del ser humano es extraordinaria e imprescindible (Jardí, 2002). El aumento acelerado en la población en el último siglo ha generado consecuencias graves sobre este recurso. De acuerdo con esto y ante la creciente preocupación por conservar y manejar adecuadamente el recurso, surge la necesidad de abordar una de las principales fuentes de agua: los humedales, son las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Convención RAMSAR, Artículo 1.1).

Las funciones ecológicas de los humedales prestan beneficio tanto a la naturaleza como al ser humano, los humedales ubicados al interior de una ciudad o cercanos a ella, tienen aún mayor importancia debido a que sus funciones y mecanismos deben ser tomados como servicios ambientales que generan beneficios directos e indirectos a la sociedad, entre los que destacan purificación del aire, regulación micro climática, reducción de ruido, drenaje de aguas lluvias, tratamiento de aguas residuales, y oferta de espacios para la recreación y el esparcimiento (Smith & Romero, 2009).

Los humedales urbanos en Colombia están continuamente sujetos a disturbios generados por la acción del hombre, tales como la contaminación, la fragmentación y el uso para la recreación, incluso los remanentes de humedales usualmente han sido rellenados y usados para localizar complejos residenciales e industriales. Sin embargo, Colombia es reconocido por poseer ecosistemas estratégicos en el ámbito mundial, de los 31.702 humedales identificados en el territorio colombiano tan sólo 9 áreas han sido declaradas por el acuerdo internacional RAMSAR que promueve la conservación y el uso racional de humedales, como sitios Ramsar o humedales de importancia Internacional con una superficie de 922.976 hectáreas con base en criterios técnicos (Convención sobre los humedales, 2015).

En Antioquia la mayoría de los humedales se encuentran en el área de influencia del río Magdalena y el Bajo Cauca, seguidos por los del centro del departamento. Muchos humedales se encuentran afectados por diferentes actividades. El Humboldt reporta que “el 24 % de los humedales ha sufrido algún cambio en sus coberturas entre 2007 y 2012. Esta transformación es causada principalmente por la ganadería (4.667.716 hectáreas) y la agricultura (1.119.154 hectáreas), (Jaramillo et. Al., 2015).

El Oriente Antioqueño se ha caracterizado por su riqueza hídrica, sin embargo, en los últimos años se han registrado denuncias sobre conductas antiecológicas por la conversión de humedales en relleno de tierras, dejando de ser el refugio de aves que años atrás la población de estos municipios disfrutaba. El presente trabajo tenía como fin determinar el estado actual de dos humedales en el municipio de Rionegro, en el altiplano del Oriente Antioqueño, con base en la caracterización de las variables físico químicas y microbiológicas fundamentales para el análisis integrado de este tipo de ecosistemas, a lo largo del ciclo hidrológico de 2017.

2. Materiales y Métodos

Se evaluaron diferentes aspectos fisicoquímicos y de calidad del agua de dos humedales ubicados en el municipio de Rionegro - Antioquia, en el sector conocido como El Porvenir. Según el Municipio de Rionegro (2018), este se encuentra a 2130 msnm, la temperatura promedio corresponde a 17 °C y la precipitación promedio mensual es de 246,7 mm (IDEAM G., 2018).

El Humedal 1 (Figura 2) ubicado en las coordenadas N 6°8'50,5" Y W 75°24'24,4" denominado Guadalcanai (G) se puede clasificar como un cuerpo de agua permanente debido a que durante todo el proyecto el sistema siempre presentó espejo de agua. Es de fácil acceso con poca vegetación aledaña, compuesto en su mayoría por macrófitas flotantes, a su alrededor se encuentran algunas fincas, las cuales realizan actividades agropecuarias. Se presume que mantiene conexión con el río Negro por el nivel freático. El humedal 2, ubicado en las coordenadas N 6°8'48,0" Y W 75°23'48,2", denominado Los Llanos (L) (Figura 2), se encuentra en una zona de alta influencia por el crecimiento poblacional del municipio, cerca de urbanizaciones existentes y en etapa de construcción. Se caracteriza por tener a su alrededor pastos bajos que dificultan el acceso. El espejo de agua presentó macrófitas flotantes durante todo el proceso de monitoreo. Este humedal pertenece a una red de humedales con conexión directa al río Negro.

Se establecieron tres puntos de muestreo en cada humedal de tal manera que se tomará todo el eje longitudinal; teniendo en cuenta como puntos de referencia el centro y los dos extremos del sistema acuático. Las tomas de muestra se realizaron en épocas climáticas contrastantes, época seca (enero - marzo) época lluviosa (abril - mayo), y transición (junio - septiembre), con el fin de establecer la variación en los parámetros físico-químicos y los microbiológicos sobre cada humedal.

Las variables in situ: oxígeno disuelto (OD), conductividad, pH y temperatura fueron obtenidos mediante sondas multiparamétricas HACH HQ40d, que fueron calibradas antes de cada monitoreo; para determinar la temperatura ambiente se usó un termómetro ambiental.

En cuanto a las variables determinadas en laboratorio, estas fueron:

Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO₅): En cada estación se tomaron muestras de la columna de agua aproximadamente 20 cm de la superficie, fueron almacenadas en recipientes plásticos y se preservaron en nevera a una temperatura de 4°C, para posteriormente analizarlas en laboratorio con base a los procedimientos descritos bajo la metodología de referencia Standard Methods 5210 B,4500 -O-G según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ed. 22 (2012).

Demanda Química De Oxígeno (DQO): Para los análisis de la determinación de DQO, se realizó sobre las muestras la técnica colorimétrica propuesta por American Public Health Association (1985) y HACH (1987), que emplean como oxidante fuerte, dicromato de potasio 0,25 N y en la digestión caliente, un tiempo de contacto de dos horas a 150°C (Córdoba & Siñeriz, 1997).

Sólidos: Se realizó el análisis de sólidos totales (ST), sólidos totales fijos (STF), sólidos disueltos totales (SDT), mediante el método gravimétrico con base en la metodología de referencia Standard

Methods 2540B, publicada por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, ed.22 (2012).

Nutrientes: Los nutrientes analizados fueron los siguientes:

Amoniaco NH₃. Método de referencia: Standard Methods 4500-NH₃ B,C

Nitrito NO₂. Método de referencia: Standard Methods 4500-NO₂ B

Nitrato NO₃. Método de referencia: Standard Methods 4500-NO₃ E

Fósforo total PT. Método de referencia Standard Methods 4500-P B,E

Se realizó con un fotómetro multiparamétrico de sobremesa HANNA C200 series. Para obtener la concentración de cada nutriente se usó un reactivo específico, dicha información reposa en el manual de operaciones publicado por Hanna Instruments.

Determinación de microorganismos en el agua: La determinación de los microorganismos se realizó mediante el método de filtración por membrana en agar chromocult (metodología de referencia Standard Methods 9222 B y 9222H) para Coliformes totales y E-coli, respectivamente. Mecanismo mediante el cual se atrapan en la superficie de la membrana microorganismos cuyo tamaño es mayor que el tamaño del poro 0,45 µm.

Índice de Estado Trófico: Para la determinación del estado trófico de los humedales de interés en el valle de San Nicolás, se implementó el modelo del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), más específicamente el desarrollado por Salas y Martino (1991) para sistemas cálidos tropicales a partir de la concentración de fósforo total. La clasificación presentada por Salas y Martino (1991) es considerada una de las más adecuada para determinar la condición trófica de sistemas lenticos tropicales (Cunha et al., 2013), en comparación con la derivada del índice propuesto por Carlson (Petruccio et al., 2006).

Análisis Estadístico: Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. La suposición de normalidad se verificó por medio del valor P de Shapiro-Wilks y los supuestos de igualdad de varianzas por medio del test de Levene. Para los diseños estadísticos unifactoriales (factor Época y Humedal), la diferencia entre las medias de los tratamientos se evaluó con un análisis de rangos múltiples por medio de la prueba de Tuckey HSD con un 95% de confianza.

Para determinar el efecto que ejercen las actividades antrópicas sobre la calidad del recurso hídrico, se empleó una prueba de análisis de componentes principales, la cual agrupó las variables con alto grado de asociación y estableció el gradiente ambiental de las estaciones de muestreo. Como software de procesamiento de datos se utilizó Rwizard versión 2,3 y Rcommander versión 2,2,4 (Core Team, 2014; Guisande & Vaamonde, 2012).

3. Resultados y discusión

Para el análisis de componentes principales (Figura 1), se examinaron las variables OD, conductividad, pH, temperatura, SDT, STF, ST, SDF, DBO5, DQO, nitratos, nitritos, amoníaco, fósforo total, E-coli, coliformes totales y se utilizó el factor temporada; el análisis identificó que los parámetros que determinan el comportamiento de la calidad del agua en los sistemas son: SDT, coliformes totales, DBO5, OD, fósforo total, DQO, SDF, representando en conjunto el 68,5 % de la varianza acumulada. En la figura 1 se observa claramente la discriminación entre las temporadas, siendo los parámetros SDT, coliformes totales y DBO5 más significantes para la temporada lluviosa; SDT y fósforo para la seca, y los demás para la transición.

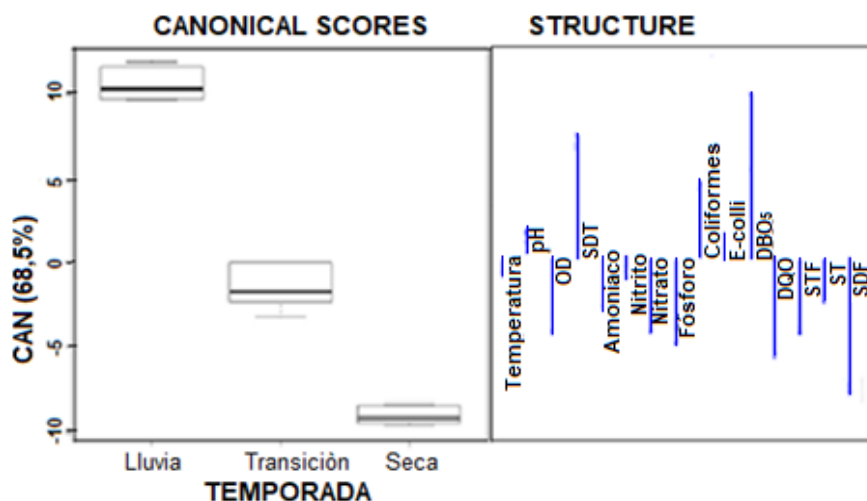


Figura 1. Discriminante Canónico Temporada

Para el análisis de componentes principales del factor estación (Figura 2), se analizaron las variables OD, temperatura, pH, SDT, ST, STF, SDF, amoníaco, nitritos, nitratos, fósforo, coliformes totales, DBO5, DQO, el análisis identificó que los parámetros que determinan el comportamiento de la calidad en los sistemas son OD, SDT, SDF, amoníaco, nitritos, coliformes totales y DQO. Con una representación del 100 % en conjunto de la varianza acumulada. La figura muestra la dispersión de los datos entre cada humedal. En la figura 2, se observa la discriminación entre los dos humedales caracterizados, siendo los parámetros OD, coliformes, DBO5 con más significancia para el humedal Guadalcanai, y SDT, DQO, amoníaco y STF para Los Llanos.

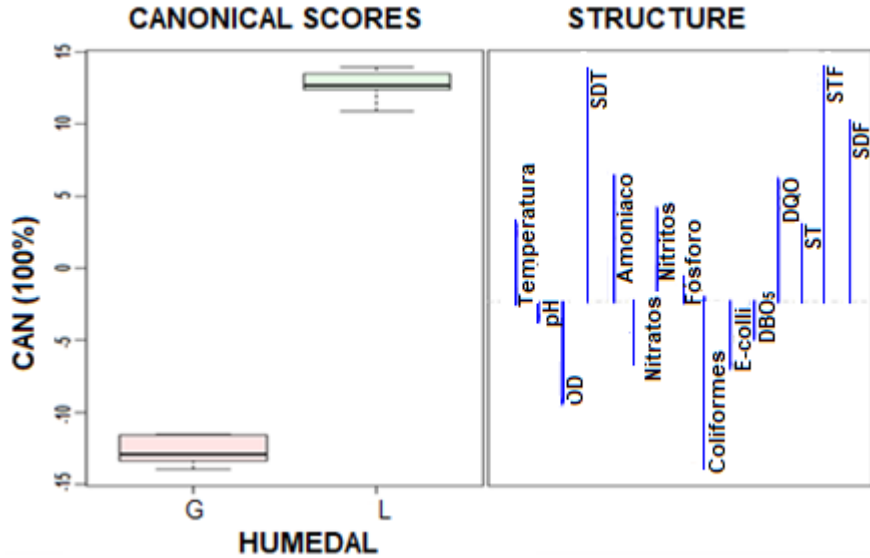


Figura 2. Discriminante Canónico Estación.

Los resultados de la anova de la figura 3 muestran que no existen diferencias significativas entre los humedales para el OD, se observa que en su mayoría los valores de este parámetro son inferiores a 5 mg/l, el valor mínimo registrado para el humedal Guadalcanai se dio en la temporada seca con 1,07 mg/l y para el humedal Los Llanos en la temporada transicional con 0,21 mg/l. Estos valores sugieren que en estos sistemas lenticos es poco probable la diversidad y abundancia de especies acuáticas (Sardiñas et al; 2006), el valor máximo de oxígeno disuelto registrado en los humedales se dio en la temporada de lluvia con 3,20 mg/l y 2,65 mg/l para los humedales Guadalcanai y Los Llanos, respectivamente. Este aumento es debido a la baja presencia de materia orgánica, a la homogenización en la columna de agua, y a la dilución, situación similar se presentó en la caracterización del humedal Torca – Guaymaral (Bogotá – Colombia); según lo descrito por Cahó & López (2017). El Decreto 3930 de 2010 establece los valores restrictivos para el uso del recurso en la preservación de flora y fauna para aguas dulces, siendo 5 mg/l el valor mínimo para el OD, el cual es necesario para el crecimiento de la fauna acuática.

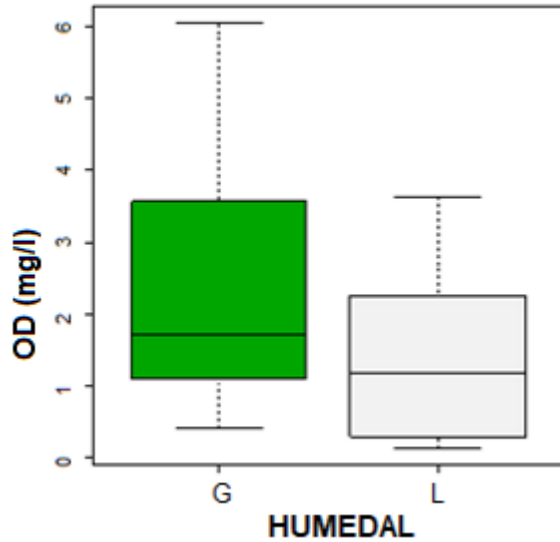


Figura 3. Diagrama de cajas para los humedales con respecto al oxígeno disuelto.

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo propuesto por Salas & Martino (1991) "índice de estado trófico", se observan en la figura 4, de la que se puede afirmar que el estado trófico predominante es el hipertrófico. En las temporadas de transición y lluvia se tiene mayor dilución en la columna de agua, por lo que posiblemente la concentración de fósforo total en el sistema disminuya y por ello se indique estado eutrófico en algunas estaciones; mientras que para la época seca la concentración de fósforo hace que en todas las estaciones se presente hipertrofia en ambos sistemas. Siendo los sistemas lenticos susceptibles a impactos negativos a causa de la eutrofización por su periodo de residencia relativamente largo, y la concentración de los contaminantes en las cuencas de drenaje.

De otro lado, dadas las concentraciones de fósforo total obtenidas (Figura 5), se podría decir que todos los sistemas evaluados se encontraban en un estado hipertrófico. Cabe aclarar que esta categorización del estado trófico con base en el fósforo fue establecida por Salas & Martino (1991) donde el modelo que se utilizó fue adaptado para el trópico, la concentración de fósforo medida indicaría que los sistemas lenticos evaluados son turbios y tienen hipolimnion anaeróbico. situación que también se presenta en el estudio limnológico de varios sistemas lóticos y lenticos aledaños a la reserva Yotoco- Valle del Cauca, Colombia (2016).

Según Galarza et al; (2016) las concentraciones bajas de nitritos indican en general sistemas estables, con adecuada oxigenación, situación contraria a los sistemas evaluados. Es probable que, en las zonas profundas de los ambientes lenticos, la baja cantidad de oxígeno favorezca la producción de fosfatos, amonio, metano y gas sulfúrico.

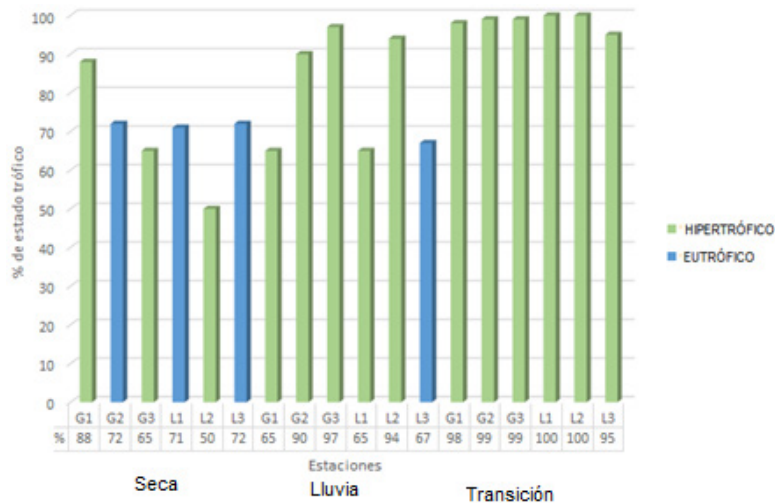


Figura 4. Índice de estado trófico

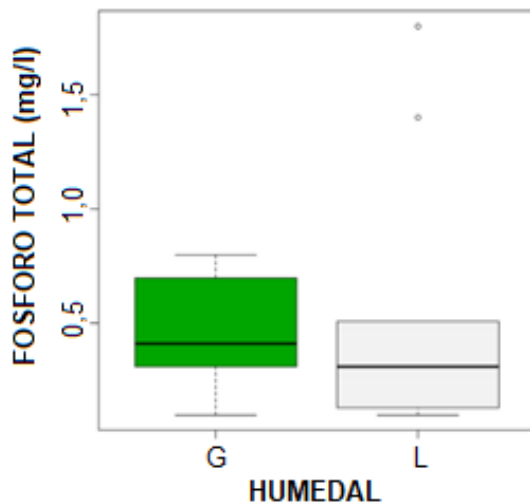


Figura 5. Diagrama de cajas para los humedales con respecto al fosforo total.

4. Conclusiones

El estudio demostró que los factores fisicoquímicos y microbiológicos no presentan mayor variación durante las temporadas climáticas, lluvia, seca y transición. De acuerdo a la caracterización físico-química y microbiológica de los dos humedales urbanos del altiplano del Oriente antioqueño se determinó que ambos sistemas se encuentran clasificados con mala calidad del agua y su condición es eutrófica.

El parámetro que más importancia tiene sobre la caracterización físico-química corresponde al oxígeno disuelto, ya que con los valores encontrados las condiciones de vida acuática se ven limitados para estos sistemas. Las aguas residuales domésticas y la escorrentía de fertilizantes

contribuyen a la eutrofización de estos sistemas lénticos, lo que sumado con la alta densidad de macrófitas, desencadenan la disminución del oxígeno disuelto en estos sistemas, restringiendo así el crecimiento de fauna y flora acuática en condiciones hipóxicas.

5. Bibliografía

- Apha, A. Wpcf.(2012) Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington.
- Caho, C., & López, E. A. (2017). Determinación del índice de calidad de agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción+limpia*, 35-49
- Córdoba, P., & Siñeriz, F. (1997). Determinación de la demanda química de oxígeno de aguas residuales de agroindustrias por colorimetría con reactivo concentrado. *Revista de la facultad de agronomía, La Plata*.
- Cunha, R. W., Garcia Jr, M. D., Albertoni, E. F., & Palma-Silva, C. (2013). Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 17(7).
- Galarza, G.M., Quinche, L.L., Aguilera, D., Garzón, C., Manzano, J., (2016). Estudio limnológico de varios sistemas lénticos y lénticos aledaños a la reserva Yotoco- Valle del Cauca, Colombia. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Biología.
- Guisande, C. et al. (2014). RWizard Software. <http://www.ipez.es/RWizard>. University of Vigo. Spain.
- IDEAM, G. (2018). Boletín diario del estado del tiempo.
- IDEAM, I. (2007). Determinación de escherichia coli y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar chromocult.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014. Bogotá, D.C: Panamericana Formas e Impresos S.A. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2015. Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.
- Jardí, C. (2002). *Movernos en el agua*. Barcelona: Paidotribo.
- Petrucio, M. M., Fa.R.Barbosa & A.L.S Furtado. 2006. Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the Middle Rio Doce basin, south-east Brazil. *Limnologia* 36: 192-203.
- RAMSAR. Convención sobre los humedales, Ficha informativa 6. 2015
- Salas, H., & Martino, P. (1991). A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. *Pan American Center For Sanitary Engineering and Enviromental Sciences*, 341-350.
- Sardiñas, P. O., Chiroles, R., Fernández, N., & Hernández, R. (2006). Evaluación físico química y microbiológica del agua de la presa el Cacao (Coorro-Cuba). Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y microbiología, Cap 6, 202-206.

- Smith, G. P., & Romero, A. H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del área metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant -Andalién, Los Batros y Lengua. Revista de geografía Norte Grande, 81-93.

Sobre los autores

- **Carlos Augusto Benjumea Hoyos**, Ingeniero Sanitario, Magíster en Ingeniería, Docente Asistente, cbenjumea@uco.edu.co
- **Carolina Silva Castrillón**, Ingeniera Ambiental, carolina.silva1018@gmail.com
- **Valentina Botero Higueta**, Ingeniera Ambiental, valen.1196@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)