

Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador

Quality of water for human consumption in the balsa communities in the middle, Julián and Severino of the Carrizal micro-basin, Ecuador

Leonel Rolando Lucas Vidal^{1,2}, Ángela Lorena Carreño Mendoza^{1,3}

Recibido: Setiembre 2018 - Aprobado: Noviembre 2018

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre la calidad del agua de consumo humano en las comunidades Julián, Severino y Balsa en Medio situadas en la microcuenca del río Carrizal en la provincia de Manabí, Ecuador. Se tomaron muestras de aguas superficiales con fines de determinar propiedades químicas, físicas y microbiológicas. Para establecer la calidad del agua en los lugares de muestreo se empleó el índice de calidad del agua ICA NSF, según el cual permite ponderar parámetros asignándole un peso. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones, tomando a las localidades como tratamientos. Los análisis de varianza se realizaron a través de programa InfoStat® y las comparaciones de promedio a través de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Las variables físico químicas de la localidad de Severino mostraron valores que indujeron de menor calidad de agua que los obtenidos para las localidades de Julián y Balsa en Medio, con un comportamiento similar entre sí. Desde el punto de vista microbiológico, los mayores riesgos sanitarios corresponden a la localidad de Balsa en Medio, seguido por la localidad de Severino; mientras que el menor riesgo correspondió a la localidad de Julián. De acuerdo a los criterios ICA NSF, las aguas de Balsa en Medio y Julián están clasificadas como "aguas poco contaminadas", mientras que las aguas de la comunidad de Severino se clasifican como "aguas contaminadas".

Palabras clave: Índice de calidad de aguas; Aguas contaminadas; coliformes.

ABSTRACT

A study on the quality of water for human consumption was carried out in Julián, Severino and Balsa en Medio communities located in the micro-basin of the Carrizal River in the province of Manabí, Ecuador. Surface water samples were taken to determine chemical, physical and microbiological properties. To establish the quality of the water in the sampling sites, the ICA NSF water quality index was used, which allows weighing parameters assigning a weight. A completely randomized design with three repetitions was used, taking the localities as treatments. The analysis of variance was carried out through the InfoStat® program and the average comparisons through the Tukey test at 5% probability. The physical chemical variables of the locality of Severino showed values that induced lower water quality than those obtained for the localities of Julián and Balsa en Medio, with a similar behavior among themselves. From the microbiological point of view, the highest health risks correspond to the locality of Balsa en Medio, followed by Severino; while the lowest risk corresponded to the town of Julián. According to the ICA NSF criteria, the waters of Balsa en Medio and Julián are classified as "poorly polluted waters", while the waters of the community of Severino are classified as "contaminated waters".

Key words: Water quality index; Contaminated water; coliforms.

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López - Carrera de Medio Ambiente, Manabí, Ecuador

² E-mail: leonellucasvidal@hotmail.com

³ E-mail: planeamiento@espam.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural, escaso e indispensable para la vida humana y el medio ambiente, cuyo manejo y conservación del agua es de especial importancia (Barceló y Carrera, 2008). Las limitaciones de acceso a agua segura y en buenas condiciones sanitarias es uno de los problemas más urgentes relacionados con la salud pues la mayoría de las enfermedades más comunes como la diarrea y las infecciones intestinales están relacionados con la calidad del agua, lo cual reduce drásticamente el bienestar económico y social de las comunidades (OMS, 2006). Se ha demostrado que las aguas insalubres, contaminadas por fuentes naturales o humanas, causan una disminución en la calidad del agua y por ende la vida de los seres vivos (Moráis et al., 2016)

En Ecuador, especialmente en las zonas rurales se evidencia la poca disponibilidad de agua de consumo humano, por encontrarse geográficamente distantes de las ciudades, además de las condiciones de pobreza predominantes. Al no disponer de agua potable se ven en la necesidad de utilizar el agua de las vertientes naturales, pozos profundos o acopio agua de lluvia en diferentes tipos de recipientes.

Debido al creciente deterioro de los recursos naturales, bien sea por condiciones naturales o por intervención antrópica, se hace necesario evaluar la calidad ambiental. Debido a su impacto sobre la salud, se ha tomado particular interés en monitorear la calidad del agua, para lo cual se han desarrollado diferentes metodologías que toman en cuenta cierto número de variables relacionadas con las propiedades químicas, físicas y microbiológicas que cuantifican la integridad del recurso. Una de estas herramientas son los índices de calidad del agua.

Los intentos de diseñar un índice de calidad del agua generalizado a menudo reciben la crítica de que la evaluación de la calidad del agua depende de la clasificación del agua para un uso particular. Dinius (1987) reunió los antecedentes para desarrollar un índice, partiendo de la determinación de los contaminantes incluirán en el índice, la relación entre la cantidad de estos contaminantes en el agua y la calidad resultante del agua, y la importancia de cada variable de contaminación para cada uso del agua, así como para la contaminación general.

La Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (NSF WQI) desarrolló el Índice de Calidad de Agua (ICA), el cual emplea ocho parámetros fisicoquímicos y uno microbiológico e indica el grado de contaminación del agua en un momento determinado, expresándolo como porcentaje del agua pura. Así, aguas altamente contaminadas tendrán un ICA bajo, por debajo de 50%, mientras que aguas en excelentes condiciones el valor del ICA estaría cercano al 100% (Chang, 2010).

Basado en estos antecedentes se tomó como objetivo caracterizar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad de agua de suministro en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino de la microcuenca del río Carrizal, a través de la propuesta de la Fundación Nacional de Saneamiento para el Índice de Calidad de Aguas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló en las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, ubicadas en la parroquia Quiroga; cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador. Estas localidades se encuentran en la microcuenca alta del río Carrizal. Las coordenadas que caracterizan la ubicación de las tres comunidades mencionadas se encuentran detalladas en la Tabla 1.

La microcuenca hidrográfica del Río Carrizal se ubica en la provincia de Manabí y está comprendida entre las coordenadas 1°4'15.04"S, 79°52'11.79"W. Abarca un área de aproximadamente 1390 km² y limita con las cuencas de los Ríos Briceño y Jama por la zona norte, con las cuencas de los Ríos Portoviejo y Guayas por el lado sur, con el océano pacífico y con la cuenca del Estero Pajonal por el este y con la cuenca del Río Guayas por el oeste (Muñoz et. al, 2009).

Tabla 1. Coordenadas de referencia de las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, parroquia Quiroga; cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador

Comunidad	Coordenadas	
	X	Y
Balsa en Medio	616279	9892519
Julián	605950	9893975
Severino	606273	9892511

2.2 Recolección de muestras

En cada una de las localidades se realizó un muestreo aleatorio de las aguas de las vertientes superficiales de la microcuenca. La obtención y transporte se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones de Awwa, A. Wef (1998). En tal sentido, se recolectaron tres muestras de agua en frascos de vidrio de 500 ml, previamente esterilizados, a partir de las cuales se determinaron las variables fisicoquímicas y microbiológicas.

Se determinaron las siguientes variables in situ: pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto; mientras que las variables sólidos totales, nitratos, fósforo, DBO y coliformes fecales fueron determinadas en el Laboratorio de Evaluaciones Ambientales de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ubicada en Manabí, Bolívar, Calceta, Provincia de Manabí, República del Ecuador.

2.3 Índice de Calidad Ambiental

Se utilizó el Índice de Calidad Ambiental (ICA) desarrollado por la Fundación Nacional de Saneamiento – NSF (2004), para realizar la interpretación de los datos fisicoquímicos y microbiológicos, el cual se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$INSF = \sum_{i=1}^9 SI_i * Wi$$

Tabla 2. Escala de clasificación del índice de calidad de agua en función del uso (NSF, 2004)

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Argícola
100	No Contaminado	No requiere Purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación
95					
90					
85	Aceptable	Ligera Purificación			Ligera purificación para algunos procesos
80					
75					
70	Poco Contaminado	Mayor Necesidad de Tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Aceptable excepto especies sensibles	Uso industrial sin tratamiento
65					
60					
55	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo Sin contacto directo	Dudoso para especies sensibles	Requiere tratamiento para uso industrial
50					
45					
40	Altamente Contaminado	No Aceptable	Señal de contaminación	Solo organismos resistentes	Uso restringido
35					
30					
25			No Aceptable	No aceptable	No requiere aceptable
20					
15					
10			No Aceptable	No aceptable	No requiere aceptable
5					
0					

Donde, SI = subíndice de la variable i , y Wi = peso ponderado del subíndice i . Se utilizaron las curvas desarrolladas por NSF International Consumer (2004) y por Fernández y Solano (2005) para la determinación de los valores de los subíndices SI_i . Para la definición de las categorías de Índice de Calidad Ambiental se utilizaron los rangos establecidos en la Tabla 2.

2.4 Diseño Estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, donde las localidades representaron los tratamientos con tres repeticiones. El análisis de varianza se realizó a través de programa estadístico InfoStat® (Di Rienzo et al. 2016). Las comparaciones de promedios fueron realizados a través de la Prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Variables físicas

La Tabla 3 resume las pruebas de promedio de las variables temperatura, alcalinidad, dureza, sólidos totales y turbidez. A través del análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas para todas las variables, a excepción de la variable temperatura. La tendencia general fue a obtener valores estadísticamente superiores en la localidad de Severino y los menores valores en las localidades de Julián y Balsa en Medio, con un comportamiento similar entre sí.

La variable temperatura presentó poca variación como consecuencia de los tratamientos aplicados. Sus valores presentaron una amplitud de 5 °C y se ubicaron dentro del

Tabla 3. Pruebas de promedio de variables físicas de aguas de consumo de las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador

Localidad	Temperatura (° C)		Alcalinidad (mg/l)		Dureza (mg/l)		Sólidos Totales (mg/l)		Turbidez (FAU)	
Severino	24.6	A	249.37	A	239	A	530	A	25	A
Julián	23.5	A	124.68	B	213	AB	290	B	6	B
Balsa en Medio	28	A	124.68	B	172	B	310	B	7	B
CV	10.03		15.61				10.41		12.15	

rango de 23 a 28 °C, lo cual se ajusta a lo recomendado por Mejía-Zamudio, et al. (2009). Estos valores reflejan las variaciones de las temperaturas ambientales del área bajo estudio que se encuentra localizada dentro de la franja tropical, lo cual es consistente con los resultados obtenidos por Vera et al., (2016) para zonas áridas.

Estudios de Sardiñas-Peña et al. (2006) demuestran que las concentraciones de oxígeno disuelto se incrementan a bajas temperaturas, proporcionando mejores condiciones para la supervivencia de las especies acuáticas, y a su vez contribuye a la diversidad de especies en los cuerpos de agua.

Aguas con alta dureza generalmente poseen sabores desagradables en el agua potable. Esta variable se encuentra asociada al contenido de carbonatos, bicarbonatos, y bajo determinadas circunstancias, a cloruros y/o sulfatos de calcio y magnesio. De acuerdo a los niveles de dureza obtenidos en las tres localidades, que variaron entre 172 y 239 mg/l, inferiores al límite permisible de 300 mg/l, se puede considerar que el agua de la microcuenca del río Carrizal se clasifican como suaves, lo cual resulta beneficioso, ya que su tratamiento no implica costos adicionales y no genera problemas por incrustaciones en las tuberías de distribución. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Puglla et al. (2017) en la microcuenca Yaguaimi en Ecuador.

Los sólidos totales representan las sales disueltas en una muestra de agua, una vez que se han aplicado los tratamientos para remover los sólidos en suspensión. El rango de variación obtenido se ubicó entre 290 y 500 mg/l, muy por debajo de los valores estipulados en la normativa ecuatoriana NTE INEN 2200 (2017). Baque-Mite et al., (2016) también encontraron valores dentro de los rangos de aceptabilidad de calidad ambiental para el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador.

La turbidez está representada por el material coloidal que se encuentra suspendido en el agua y que tiene la capacidad de reducir o impedir el paso de la luz. Incluye materiales orgánicos e inorgánico como las arcillas, la materia orgánica y los microorganismos. Los mayores valores correspondieron a la comunidad de Severino con 25 NTU, los cuales se ubicaron por debajo de los límites permisibles por la legislación ecuatoriana.

3.2 Variables químicas

La Tabla 4 muestra las pruebas de promedio de las variables potencial de hidrógeno (pH), conductividad

eléctrica, fosfatos, nitratos y cloruros. Se encontraron diferencias significativas para todas las variables, a excepción del pH. Las variables químicas mostraron la misma tendencia que las variables físicas: los mayores valores correspondieron a la localidad de Severino y los menores valores a las localidades de Julián y Balsa en Medio, con la salvedad de que en la comunidad de Julián los niveles de cloruros fueron superiores al resto de las comunidades.

En lo referente al pH, para todas las localidades se obtuvieron valores ubicados dentro del rango neutro a moderadamente alcalino. Mejía-Zamudio (2009) afirma que la actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua y constituye un indicador de importancia para la caracterización de las condiciones químicas y biológicas de los ecosistemas acuáticos naturales.

La conductividad eléctrica (CE) está correlacionada con la cantidad de sólidos disueltos, en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. Los valores obtenidos en las diferentes fuentes y localidades se ubicaron entre 314 y 529 $\mu\text{S}/\text{cm}$. González et al. (2013) señalan que la CE está altamente correlacionada con la turbidez.

Los niveles de fosfatos fueron estadísticamente distintos en todas las localidades y superaron los límites permisibles en las comunidades de Severino y Julián. Torres et al. (2018) encontraron altos niveles de concentración de fosfatos como producto del vertimiento de aguas domésticas servidas, residuos de la crianza de cerdos, arrastre de fósforo a través de actividades agrícolas (uso de fertilizantes y pesticidas) e industriales, con el uso de detergentes. Mientras que Rodríguez et al. (2016) encontraron fluctuaciones en los niveles de fosfatos en aguas de riego en función de las condiciones climatológicas, asociando los mayores tenores a la época de verano. Bajo las condiciones de este trabajo, los niveles de fosfatos pudieran estar influenciados por la intensidad de la actividad agrícola en las diferentes localidades debido al uso de biocidas, o por el arrastre de sedimentos hacia las vertientes de la microcuenca del Río Carrizal.

Los niveles de nitratos de todas las comunidades fueron relativamente bajos, lo cual coincide con los reportes de Baque-Mite et al. (2016) para el cantón Quevedo, de la provincia de Los Ríos, Ecuador, quienes destacan la aceptabilidad ambiental de los valores de nitritos, indicando la tendencia a incrementar sus valores en la época lluviosa.

Tabla 4. Pruebas de promedio de variables químicas de aguas de consumo de las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador

Localidad	pH	Conductividad Eléctrica (mS/cm)			Fosfatos (mg/l)		Nitritos (mg/l)		Cloruros (mg/l)	
Severino	8.54	A	529	A	0.92	A	0.1	A	14	B
Julián	8.11	A	384	B	0.54	B	0.08	B	21	A
Balsa en Medio	8.9	A	314	B	0.23	C	0.08	B	14	B
CV	10.01		11.4		19.08		11.76		10.2	

Las concentraciones de cloruros están asociadas a la dureza no carbonatada de las aguas. En todos los casos se obtuvieron valores superiores a los 5 mg/l, los cuales exceden los límites permisibles en todas las localidades, su efecto no se reflejó en la dureza del agua, la cual se mantuvo dentro de los niveles de calidad adecuados. Los mayores tenores se ubicaron en la localidad de Julián.

3.3 Variables microbiológicas

El PNUMA (2008) afirma que, el mayor riesgo para la salud en aguas de consumo humano está representado por la contaminación por coliformes fecales, además de otros agentes patógenos, y recomiendan, como medidas de protección sanitaria, que las fuentes de contaminación microbiológicas se mantengan lo suficientemente alejadas de las fuentes de agua potable a fin de reducir los riesgos de ingesta de patógenos, lo cual debe ir acompañado de un sistema de tratamiento destinado a reducir sustancialmente la presencia de microorganismos.

La Tabla 5 reporta las pruebas de promedio para las variables demanda biológica de oxígeno, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales. Resaltan los altos niveles de coliformes, tanto fecales como totales, en la localidad de Balsa en Medio, que resultaron estadísticamente superiores al resto de las comunidades; sin embargo, la mayor demanda biológica de oxígeno correspondió a la localidad de Severino.

En general, los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales incrementan la demanda de oxígeno por parte de los microorganismos, lo cual conduce agotamiento del oxígeno del agua y compite con los requerimientos de oxígeno de la vida acuática presente en el cuerpo de agua, dando como resultado la hipertroficación. En esta investigación se obtuvieron valores entre 2 y 5 mg/l, siendo la comunidad de Severino la que presentó valores más problemáticos.

Desde el punto de vista microbiológico, la presencia de coliformes totales y fecales demuestran problemas en todas las localidades, siendo más severos en Balsa en Medio y Severino, alcanzando valores que exceden los niveles permisibles en aguas destinadas al consumo humano. Según Torres et al. (2010), encontraron problemas similares, incluso a nivel de plantas de tratamiento de aguas para consumo humano en Colombia, lo cual incide directamente en el nivel de riesgo sanitario en el suministro de agua segura a la población. En tal sentido, la OMS (Lennon et al. 2004) afirman que reducir los riesgos microbiológicos es fundamental en el suministro de agua de consumo humano.

3.4 Índice de Calidad de Aguas

La Tabla 6 muestra la ponderación de las variables y el Índice de Calidad del Agua de las localidades Balsa en Medio, Julián y Severino, como parámetro integrador del

Tabla 5. Pruebas de promedio de variables biológicas de aguas de consumo de las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador

Localidad	DBO (mg/l)		Oxígeno disuelto (mg/l)		Coliformes Fecales (UCF/ml)		Coliformes Totales (NMP/100 ml)	
Severino	5	A	4.47	A	100	B	1700	B
Julián	2	B	4.03	A	100	B	239	C
Balsa en Medio	2	B	4.96	A	400	A	9000	A
CV	11.1		16.04		12.25		14.51	

Tabla 6. Ponderación de variables e Índice de Calidad de Ambiental (NFS, 2004) de aguas de consumo de las comunidades Balsa en Medio, Julián y Severino, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador

Parámetro	Wi (NSF)	Subíndice de la variable (Si)			SI * Wi		
		Julián	Severino	Balsa en Medio	Julián	Severino	Balsa en Medio
Demanda biológica de oxígeno	0.1	80	55	80	8	5.5	8
Oxígeno Disuelto	0.17	3	3	4	0.51	0.51	0.68
Coliformes Fecales	0.15	45	45	30	6.75	6.75	4.5
Fosfatos	0.1	65	45	90	6.5	4.5	9
Nitratos	0.1	99	99	99	9.9	9.9	9.9
Potencial De Hidrógeno (pH)	0.12	70	80	50	8.4	9.6	6
Sólidos Totales	0.08	62	20	58	4.96	1.6	4.64
Temperatura	0.1	18	16	15	1.8	1.6	1.5
Turbidez	0.08	88	55	85	7.04	4.4	6.8
Índice de Calidad Ambiental					53.86	44.36	51.02

conjunto de variables evaluadas y discutidas anteriormente. Según los criterios establecidos por NFS, las aguas de Balsa en Medio y Julián están clasificadas como “aguas poco contaminadas”, con un índice superior a 50; mientras que las aguas de la comunidad de Severino se clasifican como “aguas contaminadas”.

Es de hacer notar que las variables que tuvieron mayor impacto en la reducción de la calidad del agua fueron el oxígeno disuelto y temperatura, que alcanzaron una baja ponderación en todas las localidades. En el caso particular de la localidad de Severino, las variables: DBO, fosfatos, sólidos totales y turbidez recibieron las menores ponderaciones; mientras que en la localidad de Balsa en Medio las menores ponderaciones se obtuvieron en coliformes fecales y potencial de hidrógeno.

Diversos estudios que han aplicado la metodología del Índice de Calidad de Ambiental (NFS, 2004) han demostrado la utilidad en la clasificación del agua con diferentes criterios. Baque-Mite, et al (2016) encontró que el agua del cantón Quevedo de Ecuador está levemente contaminada y requiere tratamiento de potabilización previo a su consumo. Pauta, et al. (2017) encontraron que el río Tabacay presentó variaciones en la calidad del agua en función de la ubicación del sitio evaluado: la calidad es “aceptable” en la cuenca alta, “poco contaminado” en la cuenca media y “contaminado” en la cuenca baja.

Rubio Arias et al. (2017) concluyeron que el agua del río Conchos en Chihuahua, México, es apropiada para el florecimiento de la vida acuática y del ecosistema en su conjunto. Por su parte, Bustíos et al. (2013) afirman que en Perú los principales problemas de calidad de agua provienen de vertimientos de aguas residuales no tratadas adecuadamente, provenientes del uso doméstico o de actividades productivas.

IV. CONCLUSIONES

- Las variables físico-químicas de la localidad de Severino mostraron tendencias a obtener valores de menor calidad que los obtenidos para las localidades de Julián y Balsa en Medio, con un comportamiento similar entre sí.
- Desde el punto de vista microbiológico, los mayores riesgos sanitarios corresponden a la localidad de Balsa en Medio, seguido por la localidad de Severino; mientras que el menor riesgo correspondió a la localidad de Julián.
- De acuerdo a los criterios evaluados, las aguas de Balsa en Medio y Julián están clasificadas como “aguas poco contaminadas”, mientras que las aguas de la comunidad de Severino se clasifican como “aguas contaminadas”.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWWA, A. WEF (1998): *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, Washington DC, USA.

- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorio, B., Suatunce, P., Diaz-Ocampo, E., y Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Ciencia UNEMI*, 9(20), 109-117.
- Barceló, D. M. y Carrera, J. J. (2008). Consideraciones generales sobre recursos hídricos, calidad y tratamiento del agua en España. *Aguas continentales Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua*. Editorial: Consejo Superior de Investigaciones Científicas 1ª ed. Madrid, España.
- Bustíos, C., Martina, M., & Arroyo, R. (2013). *Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual*. Revista Peruana de Epidemiología, 17(1): 9 pp.
- Chang, J., 2010. Calidad de agua. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Dinius, S. H. (1987): *Design of an index of water quality*. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 23(5), 833-843.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. (2016). InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Fernández, N., Solano, F. (2005): Índices de calidad y de contaminación del agua. Universidad de Pamplona. 43 – 53.
- González Meléndez, V., Caicedo Quintero, O., & Aguirre Ramirez, N. (2013). Aplicación de los Índices de Calidad de Agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16(1).
- Lennon, M. A., Whelton, H., O’Mullane, D., y Ekstrand, J. (2004): *Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality*. World Health.
- Mejía-Zamudio, F., Valenzuela-García, J. L., Aguayo-Salinas, S., y Meza-Figueroa, D. (2009). Adsorción de arsénico en zeolita natural pretratada con óxidos de magnesio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(4), 217-227
- Moráis, P., Resende, B., Palau, P. y Tiago, G. (2016). Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. *Tabuté*, 11(1): 33-52.
- Muñoz, A., Macías, S., y García, M. (2009). Caracterización hidrológica del Ecuador. Proyecto INAMHI-MAE-SCN-PRAA-PACC. Quito-Ecuador.
- NSF International Consumer (2004): Recuperado de: <http://www.nsf.org/consumer>
- NTE INEN 2200. (2017). Agua purificada envasada. Requisitos, s.l.: Norma Técnica Ecuatoriana.OMS. Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. 408 p.
- Pauta, G., Urgilés, P. y Vázquez, G. (2017). Control de calidad del agua e hidrogeoquímica en la microcuenca del río Tabacay. *Actas de Ingeniería*, 3: 277-291
- PNUMA (2008): *Water Quality for Ecosystems and Human Health*. 2ª ed. PNUMA, ERCE, UNESCO.
- Puglla, L. J. (2017): *Evaluación de la calidad del agua cruda captada con fines de consumo humano en la parroquia Patuca y propuesta de un plan de manejo de la microcuenca*

- Yaguaimi*. Trabajo de Grado. Ing. Ambiental. Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad de Cuenca. 105 p.
- Rodríguez, S. C., De Asmundis, C. L., y Martínez, G. C. (2016). Variaciones estacionales de las concentraciones de fosfatos y nitratos en distintas fuentes de aguas de pequeños productores hortícolas. *Agrotecnia*, 24: 30-34.
- Rubio Arias, H., Ochoa Rivero, J. M., Ortiz Delgado, R. C., Quintana, R. M., Saucedo Terán, R. A., y Villalba, M. D. (2017). Calidad de agua en términos físico-químico-metales en tres sitios contrastantes del río Conchos en Chihuahua, México. *Investigación y Ciencia*, 70: 13-22.
- Sardiñas-Peña, O., Chiroles, S., Fernández, M., Hernández Y. y Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Hig. Sanid. Ambient.* 6: 202-206.
- Torres, O. A. G., Meza, J. R. Y., López, R. S., Chuquizuta, L. A., Cruz, S. M. O. (2018): *Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa, Amazonas, Perú*. INDES. Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable, 2(2), 49-59
- Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., Escobar, J. C., y Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 86-95.
- Vera, I. L., Rojas, M., Chávez, W., y Arriaza, B. T. (2016). Evaluación de materiales filtrantes para el reúso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(1).

